



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**VEEKAOD AS PÄRNU VESI
VEEVARUSTUSÜSTEEMIS**

**WATER LOSSES IN THE WATER SUPPLY SYSTEM OF AS
PÄRNU VESI**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Mairit Leemets

Üliõpilaskood 212109EAXM

Juhendaja: Karin Pachel, PhD

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad,

kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina **Mairit Leemets**

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Veekaod AS Pärnu Vesi veevarustusüsteemis“

mille juhendaja on Karin Pachel.

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

Ehituse ja arhitektuuri instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Mairit Leemets, 212109EAXM

Õppekava, peeriala: EAXM 15/18 – Hooned ja rajatised, Vee- ja keskkonnatehnika

Juhendaja(d): professor Karin Pachel, Vee- ja keskkonnatehnika uurimisrühma juht (620 2504 , karin.pachel@taltech.ee)

Lõputöö teema:

Veekaod AS Pärnu Vesi veevarustusüsteemis

inglise keeles: „Water Losses in the Water Supply System of AS Pärnu Vesi”

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Analüüsida veevarustusüsteemis tekkivaid veekadusid AS Pärnu Vesi näitel.
2. Kaardistada Pärnu linna veevarustusüsteemis tekkinud veekaod.
3. Koostada torustike vanuseline ja torumaterjalide inventuur.
4. Analüüsida veekadude suhet kogu veevõtuga aastatel 2019-2023;
5. Selgitada, millised on peamised veekadude tekkepõhjused ja -kohad AS Pärnu Vesi veevarustusüsteemis;
6. Pakkuda välja meetmeid veevarustusüsteemis tekkivate veekadude vähendamiseks.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Veekadudega seonduvate artiklite ja materjalide läbitöötamine	12.03.2024
2.	AS Pärnu Vesi andmete ja registreeritud analüüsimine	29.04.2024
3.	Autori poolsete soovitude väljatöötamine	20.05.2024
4.	Töö vormistamine	25.05.2024

Töö keel: Eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 27. mai 2024a

Üliõpilane: Mairit Leemets 2. jaanuar 2024a
/allkiri/

Juhendaja: Karin Pachel 2. jaanuar 2024a
/allkiri/

Programmijuht: Simo Ilomets 2. jaanuar 2024a
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	7
1. SISSEJUHATUS.....	8
2. VEEKADUDE JA LEKETE MÄÄRATLUS	10
2.1 Veekadude tekkimise põhjused.....	10
2.2 Veekadude mõjud.....	12
2.3 Veekaod Euroopas	13
3. VEEKADUDE HINDAMINE	15
3.1 Veebilanss – Ühendkuningriigi meetod.....	15
3.2 Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni standard veebilansi arvutamiseks	16
4. PEAMISED VEEKADUDE VÄHENDAMISE VIISID	19
4.1 Tsoneerimine	19
4.2 Rõhu juhtimine.....	20
4.3 Lekete tuvastamine läbi tehnoloogia	20
4.4 Jaotusvõrgu uuendamine	21
5. ÜLEVAADE AS PÄRNU VESI ÜHISVEEVÄRGIST	22
5.1 Üldist AS Pärnu Vesi kohta	22
5.2 Pärnu linna ja selle lähiümbruse veehaarded	23
5.3 Puurkaevudest põhjavee pumpamine	24
5.4 Veehaardetest toorvee tarnimine Reiu veetöötlusjaama.....	26
5.5 Veetöötlusprotsess Reiu veetöötlusjaamas	26
5.5.1 Puhta vee mahutid	28
5.5.2 Teise astme pumpla.....	28
5.6 Pärnu linna veetarbimine ning veeteenuste tarbijate arv.....	29
5.7 Veevõrk.....	30
5.8 Tuletõrjervee varustus.....	30
6. METOODIKA.....	31
7. VEEKAOD PÄRNU VEEVARUSTUSSÜSTEEMIS.....	32
8. PÄRNU LINNA VEEVARUSTUSSÜSTEEMIS VEEKADUDE VÕIMALIKUD TEKKEKOHAD	35
8.1 Veehaarded ja veetöötlusjaam	35
8.1.1 Puurkaev-pumplate töökindlus	35
8.1.2 Veetöötlusjaam	36
8.2 Veevõrgu torustikud.....	37
8.2.1 Malm torustikud	37
8.2.2 Asbesttorustikud	40
8.2.3 Polüetüleen torustikud	41
8.3 Tuletõrjervee kasutamine hüdrantidest.....	46

8.4	Veearvestid.....	49
8.5	Ebaseaduslikud ühendused	50
9.	AS-I PÄRNU VESI POOLT RAKENDATAVAD MEETMED VEEKADUDE VÄHENDAMISEKS	
	52	
10.	AUTORI POOLSED SOOVITUSED VEEKADUDE VÄHENDAMISEKS	55
	KOKKUVÕTE	57
	SUMMARY.....	59
	KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	61
	LISA 1.....	63

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teemaks on veekaod AS Pärnu Vesi veevarustussüsteemis. Töö koostamise jaoks saadi inspiratsiooni veepuuduse teema aktuaalsusest.

Magistritöö eesmärgiks on välja selgitada AS Pärnu Vesi veevõrgusüsteemis veekadude peamised põhjused. Töö esimeses pooles antakse ülevaade veekadudega seonduvalt teooria kohta ning tutvustatakse AS Pärnu Vesi veevarustussüsteemi. Töö teises pooles kaardistatakse Pärnu linna veevarustussüsteemis tekkinud veekaod, analüüsitakse veekadude suhet kogu veevõtuga aastatel 2019-2023 ning kirjeldatakse peamiste veekadude tekkepõhjuseid- ja kohti AS Pärnu Vesi veevarustussüsteemis. Töö viimases peatükis pakub autor välja täiendavaid meetmeid veekadude vähendamiseks.

Autor soovib tänada töö juhendajat Karin Pachelit, kes toetas autorit asjakohase nõuga töö koostamisel. Samuti soovib töö autor tänada AS-i Pärnu Vesi insenerteenistuse juhti Meelis Martinit, kes oli töö koostamisel suureks toeks ning oli alati abiks tekkinud küsimustes.

1. SISSEJUHATUS

Vesi katab üle 70% maakerast, millest magevesi moodustab kokku vaid kolm protsenti [1]. Vesi on elusorganismide ellujäämiseks üks kõige olulisemaid ressursse ning oluline ka põllumajanduses ning tööstusprotsessis. Rahvastiku kasv, pidev majandusareng ning toitumisharjumuste muutused, on endaga kaasa toonud üha suureneva puhta vee tarbimise nõudluse ning sellest tulenevalt tekib ka surve mageveevarudele. Viimase sajandi jooksul on maailma rahvaarv kolmekordistunud ning sellest tulenevalt on magevee tarbimine kasvanud ligikaudu kuus korda. Kuigi prognoositav inimeste mageveekasutus ületas juba 2016. aastal ülemaailmse jätkusuutliku mageveevaru, puudub endiselt 20 protsendil maailma elanikkonnast piisav juurdepääs puhtale joogiveele. Rahvastiku pidev kasv ainult ei suurenda magevee nõudlust, vaid mõjutab globaalsete muutuste kaudu mitmel viisil ka magevee kogust ning selle kvaliteeti. Globaalse muutusena saab määratleda näiteks kliimamuutust, mis on tekkinud inimeste poolt pideva fossiilkütuste põletamise, metsade maha raiumise ja kariloomade kasvatamise tagajärjel. Sellised tegevused paiskavad atmosfääri lisaks looduslikult tekkivatele gaasidele tohutul hulgal juurde kasvuhooonegaase, mis suurendab seeläbi kasvuhoooneefekti ja tekitab kliimasoojenemist. [2], [3], [4]

Kliimamuutused piiravad inimeste ligipääsu puhtale mageveele terves maailmas. Globaalsete temperatuuride tõusmise jätkumisel, tekib aina enam kuivaperioode. Kliima soojenedes sademete jaotus muutub ning aurustumine suureneb, liustikud sulavad ning merevee tase tõuseb. Kõik eelpool nimetatud tegurid mõjutavad ka magevee kättesaadavust. Aina sagedasemad ja raskemad kuivaperioodid ning veetemperatuuri tõus halvendavad vee kvaliteeti, sellised tingimused soodustavad ohtlike vetikate ja bakterite kasvu ning see süvendab veepuuduse probleemi veel rohkemgi. Magevee kättesaadavust, kvaliteeti ning hulka mõjutab ka paduvihmade suurenemine, sest sademevee tõttu võib pinnavette sattuda puhastamata reostunud vesi. [5]

Vaatamata eelpool nimetatud veepuudust tekitavatele probleemidele, läheb ka igapäevaselt vee tarnesüsteemides kaduma märkimisväärne kogus vett, mis võib tekitada pakkumise ning nõudluse vahelise tasakaalutuse. Maailmapanga uuringu kohaselt läheb veesüsteemides lekete tõttu kaduma ligikaudu 45 miljardit kuupmeetrit vett aastas, mis moodustab 35% kogu tarnitavast veest. Veekadude mõju on suur, sest lekked mõjutavad veevarustussüsteemi tehnilist stabiilsust, võrgu tööiga, vee ning ka veeteenuse kvaliteeti. Samuti majanduslikust seisukohast on veelekete mõju oluline, sest lekked suurendavad ettevõtte tegevuskulusid süsteemi parandamise näol ning

nõuavad seeläbi ka suuremaid investeeringuid. Hinnanguliselt on veekadude globaalne maksumus 14 miljardit USA dollarit aastas. [6], [7], [8]

Veekaod tekivad veevarustuse mitmes punktis, sealhulgas hooldustöodes, magistraalvõrgus, reservuaarmahutites, veearestites ning arveldussüsteemis. Sellised veekaod ei ole kahjulikud mitte ainult keskkonnale, vaid need kujutavad endas ka majanduslike ja tehnilisi kahjusid ning teisi tõsisemaid probleeme vee-ettevõtetele üle kogu maailma. [6], [7]

Veekadude põhjused veevarustussüsteemis tekivad erinevatel põhjustel nagu näiteks lekked, torude ja liitmike purunemised, aga ka ebaseaduslikud veeühendused. Sellised kahjud jagunevad üldiselt kaheks: tegelikud kahjud ning näilised kahjud. Tegelikud kaod on füüsilised kao, mis tekivad veejaotussüsteemi lekete tõttu, näilised kahjud on kaod mis tekivad veetarbimise mõõtmise vigade tõttu. Mõlemat tüüpi veekaod soodustavad vee kui ressursi raiskamist ning põhjustavad ka majandusliku kahju vee-ettevõtetele. Seetõttu on veekadude vähendamine veevarustussüsteemis kriitilise tähtsusega vee-ettevõtete rahalise koormuse vähendamiseks ning ka tarbijate veega varustamiseks. [8]

Käesoleva lõputöö eesmärk on analüüsida veevarustussüsteemis tekkivaid veekadusid Aktsiaseltsi Pärnu Vesi näitel. Uuring keskendub AS Pärnu Vesi halduspiirkonna veevõrgustussüsteemis veekadude peamiste põhjuste väljaselgitamisele aastatel 2019-2023. Eesmärgi saavutamiseks on autor püstitanud neli alaeesmärki:

- 1) kaardistada Pärnu linna veevarustussüsteemis tekkinud veekaod;
- 2) teha torustike vanuseline ja torumaterjalide inventuur.
- 3) analüüsida veekadude suhet kogu veevõtuga aastatel 2019-2023;
- 4) selgitada, millised on peamised veekadude tekkepõhjused ja -kohad AS Pärnu Vesi veevarustussüsteemis;
- 5) pakkuda välja meetmeid, et vähendada veevarustussüsteemis tekkivaid veekadusid AS Pärnu Vesi näitel.

AS Pärnu Vesi loal on uurimuseks kasutatud ettevõtte torude registrit, avariide ning hüdrantide registrit ja veetarbimise andmeladu. Lisaks on kogutud informatsiooni vastavate valdkondade eest vastutavate spetsialistidelt.

2. VEEKADUDE JA LEKETE MÄÄRATLUS

Veekadu defineeritakse kui erinevust veevarustussüsteemi antud vee koguse ja arvestatud vee hulga vahel. Kadunud vee hulk sõltub peamiselt veejaotusvõrgu kvaliteedist, hooldustasemest ning lekete kontrollist. Veekadusid esineb kõikides veejaotussüsteemides ning nende maht varieerub vastavalt veesüsteemi enda eripäradele. Kaotsi läinud vee kogused võivad olla seotud riigi geograafilise asukohaga ja teiste kohalike tingimustega, näiteks maasiku reljeefi, torustike pikkuse, ühenduskohtade arvu ja tarbimiskogustega. Veekadu ning lekked veesüsteemides on suurteks väljakutseteks kõigile veega tegelevatele ettevõtetele üle maailma. Kaduma läinud vesi tekitab ressursside raiskamist, majanduslike kaotusi ettevõttele ning loob ka mitmesuguseid keskkonnamõjusid. [9], [10]

Enamik vee-ettevõtteid kasutavat joogivee tootmiseks just põhjavett. Ainult Tallinn ning Narva linn kasutavad pinnavett, sest antud piirkondades põhjaveevarusid joogivee tootmiseks ei jätku. Põhjavett kasutatakse kokku umbes 45-50 miljonit kuupmeetrit aastas ning pinnavett 50-57 miljonit kuupmeetrit aastas. [11]

Puhas vesi on kallis ning ka väga pikaajaliselt taastuv ressurss, mille kasutamisel on kaks mõõdet – keskkonnahoidlikkus ja majanduslik pool. See kõik peab olema tasakaalus, see tähendab, et ei ole mõistlik kasutada varusid raiskaval viisil, kuid samas ei ole ka mõistlik püüda vee-ettevõtete kogu veekadu viia null protsendini. Peamiselt tingituna sellest, et veevõrgus veekadude otsimine ning veevõrgu parandamine vajavad samuti ressursse. Sellest tulenevalt tuleks iga veevõrgu kohta leida optimaalne veekadu, mille poole püüelda ning seda eesmärki tuleks aja möödudes vajadusel korrigeerida.

2.1 Veekadude tekkimise põhjused

Veekadude ilmnemise põhjused veevarustussüsteemis võivad olla erinevad, näiteks lekked torustikes, torude ja liitmike purunemised või ebaseaduslikud veeühendused. Eelpool nimetatud kahjud jagatakse üldiselt kaheks põhitüübiks: tegelikud kaod ja näilised kaod. [12]

Tegelikud kaod hõlmavad peamiselt lekkeid torudest, liidetest ja liitmikest, lekkeid veemahutite seintest ja põrandatest ning mahutite ülevoolust. Selliste lekete

avastamine ja likvideerimine võivad vee-ettevõttele osutuda keeruliseks väljakutseks ning võivad kesta mitu nädalat või isegi kuud, enne kui need tuvastatakse ning parandatakse. Ehkki konkreetse lekke vooluhulk võib olla suhteliselt väike, moodustab terve veevõrgusüsteemi lekete kogumaht suure osa tervikliku süsteemi leketest. Tegelike kadude maht sõltub suuresti veevõrgu süsteemi omadustest, vee-ettevõtte lekete tuvastamise ja parandamise strateegiast ja muudest kohalikest teguritest, milleks on [13] [12]:

- 1) Veevõrgus olev rõhk;
- 2) Uute lekete ja avariide sagedus ning tüüpilised vooluhulgad;
- 3) Teatatud uute lekete proportsioonid;
- 4) Tuvastamata väikesed lekked (taustalekked).

Teatatud ja teatamata kahjustustest tekitatud lekke suurus sõltub üldiselt ajast, mille jooksul need toimuvad. Tööaeg koosneb kolmest järgmistest elementidest [13] [12]:

- 1) Teadlikkuse aeg: aeg, mis kulub operaatoril lekke olemasolust teadasaamiseks;
- 2) Asukohaaeg: aeg, mis kulub lekke asukoha kindlaks tegemiseks, kui operaator on selle olemasolust teadlik;
- 3) Remondi aeg: aeg, mis kulub remonditööde teostamiseks pärast lekkekoha tuvastamist.

Näilised kaod on üldiselt põhjustatud vee koguste jälgimiseks kasutatavate mõõtmise-, salvestamise-, arhiveerimise- ja arvestuse toimingute ebatäpsuste tagajärgedel. Sellised veekaod on peamiselt põhjustatud vigastest või halvasti lugevatest veearvestitest ja arvestite näitude valesti registreerimisest (esitatud väiksem kasutusmaht). Näilised kaod võivad tekkida ka omavolilisest tarbimisest, mille peamised põhjustajad on järgmised: [12], [14], [15]

- 1) Ebaseaduslikud ühendused;
- 2) Tuletõrjehüdrantide ja tulekustutussüsteemide väärkasutamine;
- 3) Tarbijate arvestite alaregistreerimine (vesi voolab läbi arvesti, kuid arvesti ei registreeri seda või ei registreeri täielikku vee kogust).
- 4) Halva kvaliteediga, ebatäpsed arvestid;
- 5) Ebapiisav arvestite lugemise poliitika (arvestite valenäitude või mitte õigeaegne esitamine);
- 6) Majasisesed veetorustike lekked (katkised torud, tilkuv kraan).

2.2 Veekadude mõjud

Veekaod mõjutavad kõiki veesektori osapooli, sealhulgas ka teenusepakkujaid ja nende tarbijaid. Veekaod kannavad endas nii majanduslikke kui ka keskkondlikke mõjusid. [16]

2.2.1 Mõjud keskkonnale

Veekadude üks olulisemaid keskkonnamõjusid tuleneb nende seosest energiatarbimisega. Vee ja energia on tihedalt omavahel seotud, sest vee tootmiseks, töötlemiseks ning jaotamiseks on vaja energiat. Energia tootmisel eralduvad atmosfääri suures koguses kasvuhoonegaase, mis omakorda põhjustavad kliimasoojenemist. Kui süsteemist lekete kaudu kaob suurem osa veest, tuleb ka pumbata ning töödelda rohkem vett kui tarbimiseks on vajalik. Selline tegevus suurendab energiatarbimist ning seeläbi ka energiatarbimisest tekkivate kasvuhoonegaaside heitkoguseid. Hinnanguliselt on energiakulu suurenemine ligikaudu 1,0-1,5 kWh iga kaotatud kuupmeetri kohta. Seega veekadudega mitte ainult ei raisata vett, vaid raisatakse ka energiat, mis suurendab seeläbi süsinikdioksiidi jalajälge. [17], [18]

Lisaks eelpool nimetatule, mõjutavad veekaod keskkonda ka läbi põhjaveekihi kahenemise, mis omakorda süvendab veepuudust piirkondades, mis juba tänasel päeval kannatavad veepuuduse käes. Veepuudus ei puuduta ainult Aafrika riike, vaid samuti esineb veepuudust Euroopa riikides. Üldiselt puudutab veenappus Lõuna-Euroopat, kus ligikaudu 30% elanikkonnast elab pideva veepuudusega piirkondades ning kuni 70% elanikkonnast elab hooajalise veepuudusega piirkondades. Küpros, Malta, Kreeka, Portugal, Itaalia ning Hispaania kasutavad enda veevarudest juba üle 40%, see moodustab tõsise surve veevarule ning näitab, et magevee kasutamine ei ole jätkusuutlik. Belgias, Bulgaarias, Küprosel, Taanis, Soomes, Prantsusmaal, Saksamaal, Kreekas, Ungaris, Maltal, Poolas, Portugalis, Rumeenias, Rootsis ja Hispaanias on vesikondi, kus on veevarust kasutusel üle 20% ning mida loetakse üsna kriitiliseks. Eesti kasutas Euroopa keskkonnaagentuuri andmetel ca 10% veevarust, arv on ilmselt ülemäärane suur, kuna arvesse on võetud ka Eesti elektrijaamade jahutusvesi. [18]

2.2.2 Mõjud vee-ettevõttele

Veekadude täielik kõrvaldamine on keskkonna seisukohalt väga vajalik, kuid majanduslikult tekitab see vee-ettevõttele nõ kahjusid. Majandusliku poole pealt tähendavad veekaod vee-ettevõtetele otseseid kulusid, mis kujutavad endas raisatud vett, energiat ja veepuhastusprotsessis kasutatud kemikaale. Kaduma läinud veest tekib ka saamata jäänud tulu näol alternatiivkulu, sest kaotatud vett ei ole võimalik müüa. Sellest tulenevalt on vee-ettevõtete eesmärk piirata veekadu majanduslikult mõistliku tasemeni. Edasine vähendamine tooks vee-ettevõttele kaasa suuremaid kulutusi jaotusvõrgu uuendamisega kui säästetud veest saadav tulu. Hinnanguliselt on majanduslikult mõistlik veekao tase olenevalt veeallikast ligikaudu 8-10% või 5-6%. Veekadude tõhusamaks vähendamiseks on kõige efektiivsem lokaliseerida suurimat kahju tekitavad kohad, sest hinnanguliselt 80-100% tegelikest veekadudest on põhjustatud torustike leketest. [20]

2.2.3 Mõjud tarbijale

Veekadude suur tase mõjutab vee-ettevõtete võimet rahuldada tarbija nõudlust. Veekaod võivad põhjustada katkendlikku veevarustust ning teisi negatiivseid mõjusid tarbijatele. Lekked veevõrgus võivad viia katkendliku veevarustuseni ning tekitada perioodilisi veesurve kõikumisi. Katkendlik veevarustus ei põhjusta ainult ebakvaliteetset teenust, sellega kaasneb ka tõsiseid terviseriske. Katkestustel ja madala veesurvega perioodidel võivad lekkivatesse torudesse pääseda reovesi või saastunud põhjavesi. Samuti suured lekked suurendavad volukiirust, mis võib põhjustada tarbetult suuri rõhukadusid torustikes ning seeläbi põhjustada klientidel veekatkestusi tipptarbimise tundidel. Lisaks eelpool nimetatule võivad lekked tarbijatele põhjustada suuri varalisi kahjusid. Veetorustiku lekked kahjustavad sõiduteid, erodeerides aluspinnast ning võivad täita linnaala all olevaid põhjaveekihte piisavalt suure volukiirusega, ohustades hoonete vundamente. [17], [21]

2.3 Veekaod Euroopas

Hetkel puudub Euroopa riikides veekadude arvutamisel konkreetselt kokkulepitud meetod, mis raskendab ka andmete omavahelist võrdlemist. 2021. aastal esitati ülevaade Euroopa joogivee- ja reoveesektori kohta, milles käsitleti ka veevõrgus

tekkinud veekadusid Euroopa riikides. Antud kaod hõlmavad kogu tekkinud veekadu, mis sisaldab lekkeid, torustike hoolduseks ja tänavapuhastuseks kasutatavat vett ning tuletõrjevett. [22]

Veekadude keskmised väärtused EurEau (Euroopa Veesektori Häälkandjate Liit) liikmesriikides on 25% ning 2,963 m³/km/aastas. Kõige rohkem tekib veekadusid Bulgaarias, kus veekadude mahu määr ulatub 60%-ni. Sellest järgmisena tekib kõige rohkem kadusid Rumeenias, mille veekadu ületab napilt 40%. Kõige vähem veekadusid on registreeritud Hollandis ning Saksamaal, kus keskmine protsent jääb 5-7 vahele, mis viitab tõhususele veemajanduses. Eesti veekadude keskmine protsent jääb 12% juurde. [22]

3. VEEKADUDE HINDAMINE

Veekadude hindamine on nende vähendamiseks esmatähtis. Kõiki veekadude komponentide nulli lähedale viimine ei ole tehniliselt võimalik ega otstarbekas [12]. Sellest tulenevalt on tähtis veekao komponente hinnata ning sellele põhinedes teha ettepanekuid optimaalseks tegevuseks. Selles peatükis on kirjeldatud veekadude hindamist veebilansi järgi ning Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni poolt loodud meetod veebilansi arvutamiseks.

3.1 Veebilanss – Ühendkuningriigi meetod

Veekadusid on võimalik kindlaks teha kasutades veebilansi arvutamist. Veebilanss tugineb toodetud, veeallikast võetud, võrku edastatud, tarbitud ja kaotatud vee mõõtmisele ja arvutamisele, kus nende arvutused peavad olema meetoodiliselt ühesugused ning saadud tulemus peaks olema tasakaalus. [23]

Enamik vee-ettevõtteid suudab hinnata tootmise, veeallikast võetud, võrku edastatud ja tarbitud vee koguseid, kuid vähesed suudavad hinnata ka teisi komponente. Paljud ettevõtted ei hakka isegi veebilanssi arvutama, sest põhiandmed nagu näiteks veevarustussüsteemi kokku antud sisend pole tegelikult täpselt teada. Veebilansi teostamisel on võimalik koostada vajalike meetmete kogum, et parandada seeläbi veebilansi täpsust. Veebilansi arvutus näitab leketena kaotatud vee mahtu (reaalsed kaod) ja mittefüüsilistest teguritest tingitud kadusid (näilised kaod). [23]

Riikliku lekkeuringute ja -testimiskeskuse (*National Leakage Research and Test Centre*) algatusel valmis 1994. aastal lekete haldamise aruanne, mis määratles terminoloogia võrku antava vee komponentide kohta ning mis määrati ka Ühendkuningriigis riiklikeks standarditeks ning Veevarustusteenuste ameti poolt nõutud veebilansi arvutamise aluseks, mis on järgmine [23], [24]:

Võrku antav vesi = Tarbijatele kätte toimetatud vesi + kaod veejaotusvõrgus + vee omatarve. [25]

Eelpool käsitletud arvutuse sisendite definitsioonid on järgmised [23]:

- Tarbijatele kätte toimetatud vesi – on vee hulk, mis jõuab kliendi liitumispunktini ning sisaldab mõõdetud ja mõõtmata vee kasutust, mõõtmata veetoru kadusid ning hüdrantidest tingitud seadusliku ja ebaseadusliku kasutamisel tekkivaid väiksemaid kadusid.
- Kaod veejaotusvõrgus – hõlmavad endas kõiki veekadusid veetöötuse ja liitumispunktide vahel.
- Vee omatarve – on vee kogus, mida kasutab vee-ettevõtte jaotusvõrgu haldamiseks.

3.2 Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni standard veebilansi arvutamiseks

Erinevates riikides üle maailma kasutatakse veebilansi koostamiseks erisuguseid vorminguid ja määratlusi. Selleks, et veebilanss oleks rahvusvaheliselt võrreldav, võiksid riigid ning veefirmad kasutada ühesugust terminoloogiat. Seetõttu töötasid Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni töörühmad välja standardse lähenemisviisi veebilansi arvutamiseks, tuginedes Suurbritannia, Saksamaa, Prantsusmaa ning Ameerika Ühendriikide veebilanssi iseloomustavatele terminoloogiatele. [26]

Eelpool nimetatud riikide rahvuslik terminoloogia erineb mõnevõrra kasutatavast lõplikust Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni poolt kehtestatud standardist. Lisaks keeleliste iseärasustele, esineb eririikide veebilansi arvestusel ka põhimõttelisi erinevusi. Rahvusvahelistes võrdlusuuringute koostamiseks, tuleb seega luua ühtsed lähtekohad, kohandades iga riigi terminoloogilised komponendid vastavalt Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni poolt loodud standardile. Nende loodud veebilansi arvutamise struktuur ning ülesehitus on välja toodud järgnevas tabelis (Tabel 3.2.1). [26]

Tabel 3.2.1 Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni standardne rahvusvaheline veebilanss ja terminoloogia [25]

A	B	C	D	E	
Veevarustussüsteemi antud veekogus, m ³ /a (m ³ /d)	Müüdud vesi	Müüdud ja mõõdetud vesi	Legaalne veetarbimine	Legaalne ja maksustatud veetarbimine	
		Müüdud ja mõõtmata vesi		Legaalne ja maksustamata veetarbimine	
	Müümata vesi	Müümata ja mõõdetud vesi		Veekadu	Näilised veekaod
		Müümata ja mõõtmata vesi			
		Illegaalne veekasutus ja veevargused	Mõõtmishälbed		
		Lekked jaotusvõrgus, mahutites ja kinnistustorustikes			

Eelpool tabelis välja toodud veebilanssi põhikomponentide määratlused on järgmised [26], [27]:

- Veevarustussüsteemi antud vee kogus: magistraal- või jaotusvõrku juhitud vee hulk;
- Legaalne veetarbimine: mõõdetud või mittemõõdetud tarvitatav vee kogus registreeritud tarbijate/klientide poolt. See jaguneb maksustatud ja maksustamata veetarbimiseks. Registreeritud ning maksustatud tarbijateks saab defineerida eratarbijaid (erakinnistud ja korteriühistud), tööstus- ja teisi juriidilistest isikutest tarbijad. Legaalse vee tarbimise alla kuuluvad ka tuletõrje veega tulekahjude kustutamine, vee-ettevõtte enda tarbimine, tänavate kastmine, avalike parkide ja aedade niisutamine jpt. Eelpool nimetatud veetarbimise vormid võivad olla maksustatud või maksustamata ning need võivad olla mõõdetud ning mõõtmata, vastavalt riigi või omavalitsuste poolt seatud tingimustele.
- Müümata vesi: veevarustussüsteemi antava vee ja maksustatud legaalse vee tarbimise vahe;
- Veekadu: on võrdne veevarustussüsteemi antud vee kogusega, millest arvutatakse maha legaalne veetarbimine. Veekadu on võimalik käsitleda kogu süsteemi kohta ning samuti eraldi süsteemiosadele nagu näiteks toruveetorustikele, magistraal- või jaotusvõrkudele ning

veemõõdupiirkondadele. Veekaod liigitatakse tegelikeks ning näilisteks kadudeks:

- Tegelik veekadu viitab füüsilistele kadudele veevarustussüsteemis enne, kui vesi jõuab tarbija mõõtepunktini. Tegelik veekadu hõlmab veevõrgu lekkeid, ühisveevärgi avariisid ning mahuti ülevoolusid. Tegeliku veekao suurus sõltub lekete suurusest, lekete või avariide avastamise kiirusest, vooluhulgast avariilisel või lekkelõigul ning avariide ajalisest kestvusest;
- Näiv veekadu hõlmab omavolilist ehk registreerimata veekasutus. Sinna alla kuuluvad illegaalne kasutamine ning tekkivatest mõõtevigadest nii veetootja kui ka tarbija juures;
- Müümata vesi: Veevarustussüsteemi antava ja maksustatud legaalse tarbimise vahe.

4. PEAMISED VEEKADUDE VÄHENDAMISE VIISID

Veekadude vähendamiseks on mitmeid erinevaid võimalusi. Käesolevas peatükis keskendub autor neljale põhilisele viisile, milleks on tsoneerimine, rõhkude juhtimine, lekete tuvastamine erinevate tehnoloogiliste lahenduste abil ning veevarustussüsteemide jaotusvõrkude uuendamine.

4.1 Tsoneerimine

Tsoneerimine ehk mõõtmispiirkondade määramine on viis, mida kasutatakse veejaotussüsteemi haldamise parandamiseks. Tsoneerimisel jagatakse veejaotusvõrk väiksemateks osadeks, mis aitavad seeläbi paremini ja kiiremini tuvastada lekkeid torustikes. Samuti aitab tsoneerimine kontrollida leketest tulenevat veekadu. Määratud tsoonid on tavaliselt väiksed piirkonnad, kuhu kuulub 500-3000 majapidamist. Võrgu sektoriteks jagamisel saavad vee-ettevõtted paremini mõista ja analüüsida surve- ja vooluprofiile ning seeläbi tuvastada probleemseid piirkondi. Selle kasutamine on vee-ettevõttele majanduslikult üks kõige efektiivsemaid meetodeid, kuid tsoonide kavandamine on suhteliselt keerukas ülesanne. [24], [25]

Tsoonide loomisel on oluline defineerida uurimisala piirid ning määrata kindlaks vee sisse- ning väljavoolamise punktid vaadeldavas piirkonnas. Suletud siibrite abil isoleeritakse piirkond ülejäänud veevõrgusüsteemist ning alasse siseneb üks või mitu sisendit. Igasse tsooni minevad ning väljuvad vooluhulgad on mõõdetud spetsiaalse voolumõõtjaga, mis võimaldavad jälgida ja kontrollida veehulga sisenemist vaadeldavasse piirkonda. Mõõtmispiirkonnad omakorda võimaldavad vee-ettevõtetel jälgida vee vooluhulki, survet ja müra ning analüüsida saadud andmeid iga tsooni kohta eraldi, et seeläbi tuvastada potentsiaalseid lekkeid. Selliste andurite kasutamine aitab vähendada kontrollitava piirkonna suurust ning lokaliseerida tunduvalt kiiremini tekkivaid lekkeid ning seeläbi vähendada ka veekadusid. Vee sissevoolu tsooni mõõdetakse minimaalse veevajaduse ajal ning tihtipeale öistel tundidel, sest siis on tarbijate veetarbimine oluliselt madalam ning saadud näidud on valdavalt tingitud leketest. Oluline on teostada täpne veenõudluse analüüs ööpäevase veevajaduse mustrite alusel. Lekete tuvastamisel on oluline roll veevõrgu operaatoritel, kes jälgivad tsoonide sisse- ja väljavoolu. Sellised jälgimised koosnevad vooluhulga väärtuste võrdlemisest eelmiste päevade mõõtmistulemustega või teatud lävedega. Tänapäeval aitab sellise võrdluse teha kergemaks erinevad süsteemi ja informaatika tarkvarad. Kui süsteemis oleviku kohta saadud mõõtmistulemused ei ühildu varasemalt samal ajal

mõõdetud tulemustega, võib olla tegemist tuvastamata lekkega. Antud profiilide ja tulemuste võrdlemise läbi on lihtne tuvastada suuremaid lekkeid, kuid väiksemad lekkeid on raskem tuvastada, seda tulenevalt tarbijate nõudmiste ettearvatutest ja erinevustest. Seega hõlmavad lekkekontrolli tegevused peamiselt rõhuseire tulemuste ja minimaalse öise voolu analüüsi kombineerimist, mida kasutatakse võimalike kõrvalekallete tuvastamiseks tavalisest veejaotusvõrgu tööst. [25], [28]

4.2 Rõhu juhtimine

Optimaalne rõhu juhtimine on üks mõjuvamaid ja kulutõhusamaid viise füüsiliste lekete vähendamiseks. Kõrge rõhk veejaotusvõrgus tähendab veekadude suurenemist ning uute leket tekkimise tõenäosuse kasvu. Survekõrguse vähendamine keskmiselt kümne meetri võrra, vähendab lekkeid ~15% jagu. [24], [29]

Esimene samm rõhu juhtimise paremaks teostamiseks on eelnevalt kirjeldatud tsoneerimine ehk linna jagamine mõõtmispiirkondadeks. Mõõtmispiirkonnad saab omakorda muuta ka rõhuhaldustsoonideks, paigaldades tsooni siseneva peavoolu rõhualandusventiilid. Fikseeritava ventiili avaga on võimalik reguleerida tsooni sisenevat rõhku soovitud punktiini. Rõhualandusventiilid peavad olema varustatud piloodiga, mis aitab juhtida siibri sees olevat ventiili. Veel on võimalik rõhku kontrollida pumpade töö läbi. [29]

Iga piirkonna rõhu juhtimine ei ole lihtne ülesanne ning on vaja arvestada erinevate aspektidega. Rõhu juhtimisel tuleb silmas pidada, et rõhk ei oleks tarbijatele liiga väike ega suur. Rõhud alla 21 m tekitavad tarbijatele tajutavaid probleeme, näiteks kui korraga soovitakse kasutada mitut veeseadet korraga. Kõrged rõhud jällegi tekitavad veejaotusvõrgus ebavajalikult suuri lekkeid. [24]

4.3 Lekete tuvastamine läbi tehnoloogia

Veelekete tuvastamise tehnoloogias on arenenud üha täpsemaks ning efektiivsemaks. Üks levinumaid meetodeid lekete tuvastamiseks on akustiliste ja vibratsioonandurite kasutamine. Need seadmed tuvastavad veetorustikus rõhu muutustest tekitatud heli-

ja vibratsioonisignaale, näiteks kuulmispulgad ning maamikrofonid. Need meetodid on küll efektiivsed lekkekohtade kindlaks määramisel, kuid mitte kogu veejaotussüsteemis lekete tuvastamiseks. Lekete tuvastamise tehnoloogia on efektiivne eeldusel, et on teada kust lõigust leket otsida. Sellest tingituna ongi eelnevalt vaja kasutada tsoneerimise ja rõhu juhtimise meetodeid, et tuvastada probleemsemad lõigud ning seejärel otsida üles lekke tuvastamise tehnoloogia läbi täpne lekke asukoht. [30]

Viimastel aastatel on lekete tuvastamiseks kasutusele võetud ka kaasaegsemaid tehnoloogiaid nagu näiteks andurid, mis mõõdavad veesurvet ja -voolu ning edastavad andmed reaajas SCADA süsteemi. SCADA süsteem võimaldab andmeid analüüsida intelligentse tarkvara abil ning seeläbi tuvastada ebanormaalseid muutusi veesüsteemi töös ning prognoosida võimalikke lekkeid. [30]

4.4 Jaotusvõrgu uuendamine

Üheks kõige tõhusamaks lekete vähendamise viisiks on veevõrgus vananenud torustike välja vahetamine või uuendamine. Torustike eluiga sõltub väga paljudest erinevatest asjaoludest, näiteks torumaterjal, seda ümbritsev keskkond ja ka torustikus voolava vee kvaliteet. [6]

Torustike õigeaegne uuendamine vähendab lekkeid, võimaldab torustikes survet paremini juhtida ning vähendab tulevikus tekkivaid võimalikke riske, sest uuemate torustike ehitusel kasutatakse tehnoloogiliselt paremaid materjale, mis on vastupidavamad erinevatele teguritele. Sellest tulenevalt on väga oluline jälgida torustike seisukorda ja vanust, et ettevõtted saaksid planeerida torustike uuendamist, et tagada töökindlus ja vältida veekadusid ja sellega kaasnevaid kulusid. [6]

5. ÜLEVAADE AS PÄRNU VESI ÜHISVEEVÄRGIST

Käesolev peatükk annab ülevaate AS Pärnu Vesi ühisveevärgist ning selle toimimisest. Peatükki on koondatud informatsiooni vee-ettevõtte kohta, veehaardeid, puurkaevudest põhjavee pumpamist, veehaaretest toorvee tarnimist Reiu veepuhastusjaama, veetöötlusprotsessi, veetarbimist ning tarbijate arvu, veevõrku ning tuletõrje veevarustust.

5.1 Üldist AS Pärnu Vesi kohta

Pärnu linna ning selle lähialade joogivesi ammutatakse Vaskrääma ja Reiu veehaaretest ning seda töödeldakse enne tarbimist mitmes erinevas etapis. Veevarustuse protsess hõlmab järgmisi samme [31]:

- 1) Toorvee võtmine põhjaveehaardest;
- 2) Toorvee transportimine Reiu töötlusjaama läbi toorveetorustiku;
- 3) Toorvee puhastamine ja töötlemine veetöötlusjaamas, tagades selle sobiva kvaliteedi;
- 4) Vee rõhu tõstmine teise astme pumpas;
- 5) Kvaliteetse ja ühtlase survega joogivee transportimine läbi linna veevõrgu ja jaotustorustiku tarbijatele ja klientidele.

AS Pärnu Vesi on kriitilise tähtsusega teenuse osutaja, kes vastab kõigile kvaliteedinõuetele, pakkudes joogivett Pärnu linna ja selle ümbruse elanikele ning tagades vajaliku vee koguse ka tuletõrjehüdrantides tulekahjude likvideerimiseks. Joogivee varustamine põhineb Vaskrääma ja Reiu veehaarete ressursidel ning teenindab järgmisi kliente [31]:

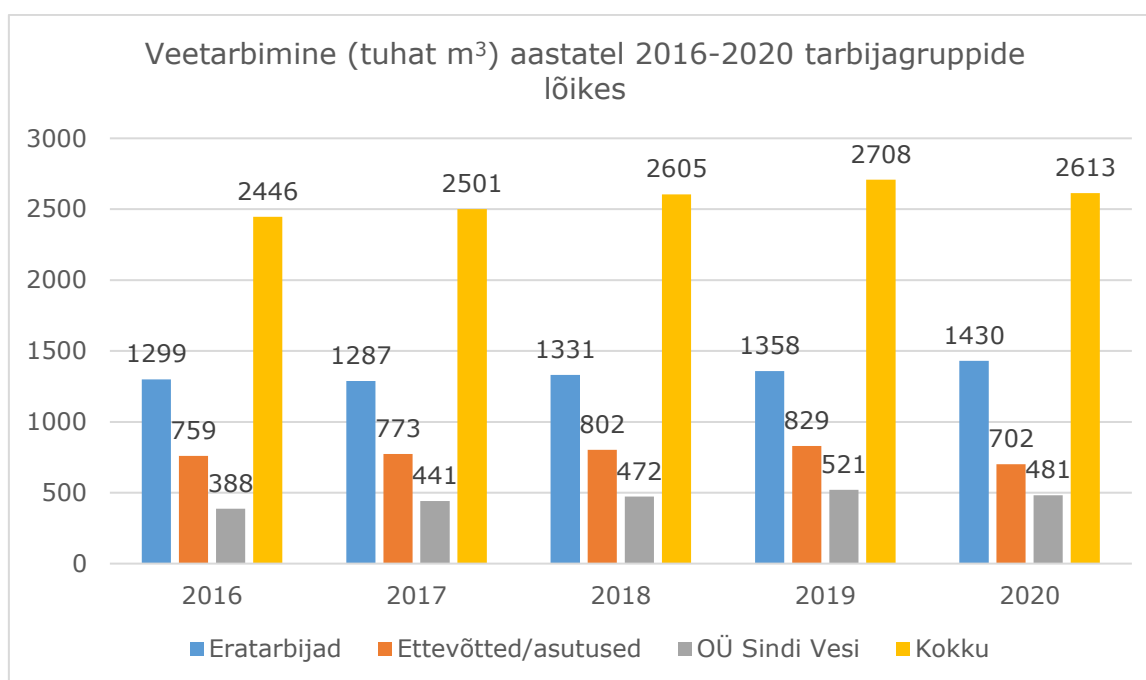
- Umbkaudselt 44 000 elanikku, kes elavad Pärnu linna omavalitsuse territooriumil;
- Lisaks Pärnu linna asulad ja ettevõtted, mis sõltuvad joogiveevarustusest.
- Tori valla veeteenuse ettevõtte OÜ Sindi Vesi saab samuti vett AS Pärnu Vesi kaudu.

Joogivee müügist moodustab Pärnu linna elanike tarbimine umbes 55%, Pärnu linna asutused ja ettevõtted kasutavad umbes 27% veest ning Tori vald tarbib ülejäänud 18% veest (Tabel 5.1.1). [31]

Tabel 5.1.1 AS Pärnu Vesi tarbimise jaotus erinevates tarbijagruppides [31]

Nimetus	Keskmine vooluhulk tuhat m ³ /ööpäevas	Osakaal (%)
Eratarbija	3,9	55
Asutused ja ettevõtted	2,1	27
Tori valla vee-ettevõtte OÜ Sindi Vesi	1,3	18
Kokku	6,8	100

2016-2020 aastatel suurenes veetarbimine, kuid 2020. aastal vähenes see osaliselt asutuste ja ettevõtete tarbimise languse tõttu. Eratarbijate grupis toimus vastupidine trend, kus nende tarbimine 2020. aastal hoopis kasvas. Sellise tarbimise languse ja kasvu peamiseks põhjustajaks oli koroonaviiruse pandeemia, mis viis ettevõtete ja asutuste pikemaajalise sulgemiseni ning eratarbijate rohkem koduses keskkonnas viibimiseni. Tori valla vee-ettevõtte OÜ Sindi Vesi ei tee vahet müüdava vee osas asutuste, ettevõtete ja eratarbijate vahel. OÜ Sindi Vesi ettevõtte veetarbimise vähenemine 2020. aastal oli tõenäoliselt põhjustatud Tori valla asutuste ja ettevõtete tarbimise vähenemisega pandeemia ajal. (Joonis 5.1.1)



Joonis 5.1.1 AS Pärnu Vesi tarbijagruppide veetarbimine (tuhat m³) aastatel 2016-2020 [31]

5.2 Pärnu linna ja selle lähiümbruse veehaarded

Pärnu linna ja selle ümbruse veevarustus tugineb põhjaveele, mis ammutatakse Reiu veehaarde Kesk-Alam-Devoni veekompleksi ning Vaskräama veehaarde Siluri-

Ordoviitsium veekompleksi puurkaevudest. Kõigile puurkaevudele on kehtestatud keskkonnaministri määrusega 50 meetri raadiusega sanitaarkaitseala, kus mistahes majandustegevus on keelatud. Sanitaarkaitseala piirides on lubatud läbi viia ainult metsa hooldustööd, heintaimede niitmine, puurkaevupumpla seadmete ja rajatiste hooldamine ning veeseire teostamine. [31]

Reiu veehaare paikneb Pärnu linna kagu suunas ning sinna alla kuulub 13 puurkaevu, millest kaheksa on kasutusel ning nende sügavus jääb 55-70 meetri vahemikku. Veehaardest pumbatud vesi suunatakse edasi Reiu Veetöötlusjaama puhastamisele, mis töötab alates 1968. aastast. Vaskrääma veehaare asub samuti Pärnu linnast kagu poolel ning täpsemalt Paikuse osavallas. Sellel veehaardel on kokku kümme puurkaevu, mille sügavus on umbes 80 meetrit. Vaskrääma veehaare rajati 1988. aastal ning seda on kasutatud alates 1990. aastast, mis tänasega on 34 aastat vana. [31]

Vaskrääma ja Reiu veehaaretest ammutatud põhjavee kogused aastatel 2019-2023 on esitatud allpool toodud tabelis (Tabel 5.2.1).

Tabel 5.2.1 Vaskrääma ja Reiu veehaarete kogutoodang aastatel 2019-2023 [31]

Aasta	Veehaare	Veehaarde toodang (tuhat m³)	Osakaal (%)	KOKKU (tuhat m³)
2019	Reiu	1 055	36	2 916
	Vaskrääma	1 861	64	
2020	Reiu	1 026	37	2 772
	Vaskrääma	1 746	63	
2021	Reiu	1 074	36	2 964
	Vaskrääma	1 890	64	
2022	Reiu	1 071	36	2 991
	Vaskrääma	1 920	64	
2023	Reiu	1 225	39	3 136
	Vaskrääma	1 911	61	

5.3 Puurkaevudest põhjavee pumpamine

Puurkaevpumlad veehaaretes on varustatud spetsiaalsete puurkaevpumpade, siibrite, veemõõtjate ning pumpasid juhtiva kaugjuhtimissüsteemiga SCADA. Kõikidele puurkaevudele on paigaldatud elektrigeneraatorid, kui peaks tekkima elektrikatkestuse olukord ning millega on võimalik pumpade tööd jätkata. [31]

Puurkaevud suudavad pumbata põhjavett 30-40 meetri sügavuselt maapinnast, kasutades selleks puurkaevpumpasid 5,5-7,5 kW võimsusega. Pumbaseadmete tootlikkuseks on 30-46 m³/h vahemik. Veehaarete kogutootlikkus ööpäevas 740 m³, millest Reiu veehaardest põhineb 5000 kuupmeetrit vett ning Vaskrääma veehaardest 12 000 kuupmeetrit vett. Pumpasid juhitakse kontrollerite abil ning nende tööd saab jälgida ja juhtida kaugjuhtimissüsteemi SCADA kaudu. [31]

Reiu ja Vaskrääma veehaarete puurkaevpumpalates asuvate seadmete üldandmed ning tehnilised andmed on esitatud alljärgnevas tabelis (Tabel 5.3.1).

Tabel 5.3.1 Seadmed puurkaevpumpalates [31]

Üldandmed		Tehnilised andmed		
Veehaarde nimetus	Puurkaevu nr	Pump	Võimsus KW	Tootlikkus m ³ /h
Reiu veehaare - Pärnu	1	Ei ole		
Reiu veehaare - Pärnu	2	Ei ole		
Reiu veehaare - Pärnu	3	Ei ole		
Reiu veehaare - Pärnu	4	Ei ole		
Reiu veehaare - Pärnu	5	Grundfos SP46-4-C	5,5	30
Reiu veehaare - Pärnu	6	Grundfos SP46-4-C	5,5	30
Reiu veehaare - Pärnu	7	Grundfos SP46-4-C	5,5	30
Reiu veehaare - Pärnu	8	Grundfos SP46-4-C	5,5	30
Reiu veehaare - Pärnu	9	Grundfos SP46-4-C	5,5	30
Reiu veehaare - Pärnu	10	Ei ole		
Reiu veehaare - Tahkuranna	11	Grundfos SP46-4-C	5,5	30
Reiu veehaare - Tahkuranna	12	Grundfos SP46-4-C	5,5	30
Reiu veehaare - Tahkuranna	13	Grundfos SP46-4-C	5,5	30
Vaskrääma veehaare	1	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46
Vaskrääma veehaare	2	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46
Vaskrääma veehaare	3	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46
Vaskrääma veehaare	4	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46
Vaskrääma veehaare	5	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46
Vaskrääma veehaare	6	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46
Vaskrääma veehaare	7	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46
Vaskrääma veehaare	8	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46
Vaskrääma veehaare	9	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46
Vaskrääma veehaare	10	Grundfos 15AC1905 SP 46-5	7,5	46

5.4 Veehaaretest toorvee tarnimine Reiu veetöötlusjaama

Reiu ja Vaskrääma veehaaretest suunatakse toorvesi Reiu veetöötlusjaama läbi kahe toorveetorustiku. Antud toorveetorustikud on peamiselt 400 millimeetrise läbimõõduga ning kulgevad kahe niidina ligikaudu kuue kilomeetri jagu mõlemast veehaardest kuni Reiu veetöötlusjaamani. Vaskrääma toorveetorustikud on rajatud topelt, et ühe torustiku liini sulgemise ajal oleks võimalik läbi teise torustiku vett edasi transportida. [31]

Toorveetorustike läbimõõdud, materjal, pikkus ning ehitamise aasta on esitatud järgmises tabelis (Tabel 5.4.1)

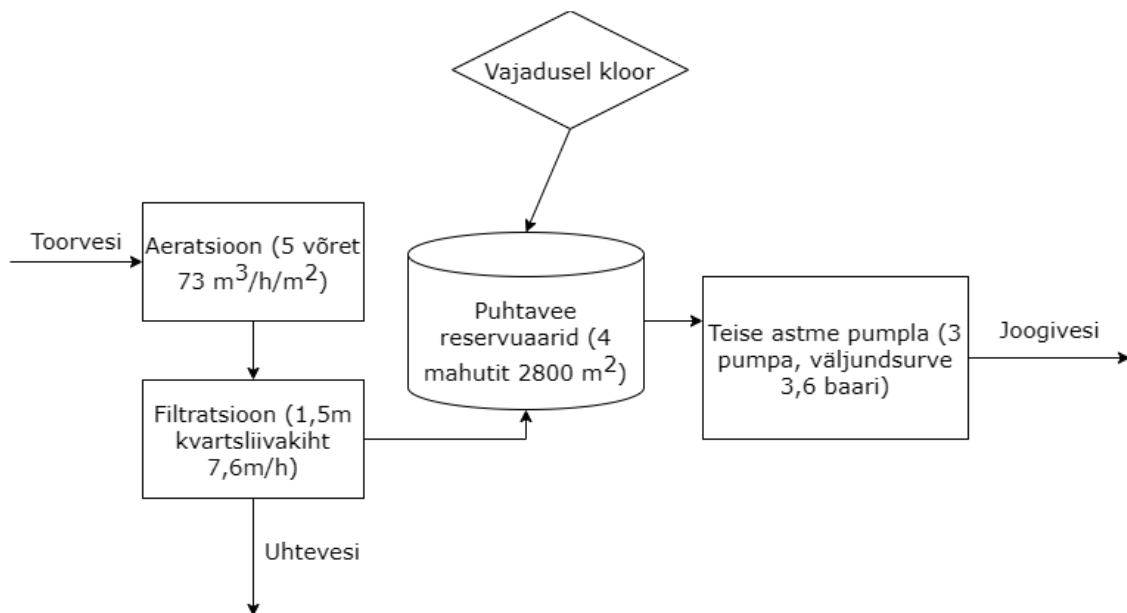
Tabel 5.4.1 Toorvee tarnetorustikud [31]

Lõigu nimetus	Torustiku läbimõõt	Materjal	Pikkus (m)	Ehitusaasta
Reiu veehaarde torustik	300/250/200/150/100	Malm/teras	1400	1968
Vaskrääma veehaarde torustik sõlmest düükrini	400	Malm/teras	2 x 4100	1990
Vaskrääma torustik düükrist Reiu veetöötlusjaamani	400	Malm/teras	2 x 1800	1990
Vaskrääma torustik puurkaevpumplatest Vaskrääma sõlmeni	200/150/100	Malm	1540	1990
Vaskrääma torustiku düüker Reiu jõgi	400	Polüetüleen	2 x 115	2017

5.5 Veetöötlusprotsess Reiu veetöötlusjaamas

Toorvesi tuleb eelnevalt puhastada, et see vastaks kehtestatud joogivee nõuetele. Puhastusprotsessis vähendatakse raua, mangaani, ammooniumi, väävelsüsiniku ja süsihappegaasi sisaldust vees. Veetöötlusprotsess hõlmab endas aeratsiooni, filtratsiooni ning erandolukorras desinfitseerimist (Joonis 5.5.1). Puhastatud vesi suunatakse edasi puhta vee reservuaaridesse ning seejärel pumbatakse teise astme

pumplast linna veevõrku. Jaama protsessi juhtimine toimub läbi SCADA juhtimissüsteemi. [31]



Joonis 5.5.1 Reiu veetötlusjaama veetötlusprotsessi kirjeldav skeem [31]

Reiu veetötlusjaama on paigaldatud kaks aeraatori seadet, mis asuvad filtrihoones ning mille koormus on kuni $76 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. Filtreerimishoones asuvad ka kolm filtrit, mis koosnevad 5 meetri paksusest kvartslüivakihist. Lisaks sellele on filtrihoones settebasseinid, sururõhukeskus ning kloreerimiseks dosaatorpumbad. Puhtavee reservuaaridest kaks tükki asuvad filtrihoones ning ülejäänud kaks pinnases ning nendeks on betoonist mahutid. (Tabel 5.5.1)

Tabel 5.5.1 Reiu veetötlusjaama seadmed [31]

Protsess	Asukoht	Seade	Tehnilised parameetrid		
Aereerimine	Filtrihoone	Aeraator	5 võret koormusega kuni $76 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ koos mehaanilise õhutamisega õhu/vee suhtega kuni 20		
		Aeraator			
Filtreerimine		Filter F1	5 m paksuse kvartslüivakiht kiirusega $7,6 \text{ m}/\text{h}$ (lüiv ühefraktsiooniline, teralisusega $\approx 1,2 \text{ mm}$).		
		Filter F2			
		Filter F3			
Setitamine		Settebassein	250 m^3	Betoon	
Suruõhukeskus		Kompressorid 2tk			
Kloreerimine		Dosaatorpumbad			
		Naatrium-hüpokloriti mahuti	3 m^3		
Puhta vee reservuaarid		Filtrihoone	Mahuti	Betoon	400 m^3
	Filtrihoone	Mahuti	Betoon	400 m^3	
	Muldes	Mahuti	Betoon	1000 m^3	
	Muldes	Mahuti	Betoon	1000 m^3	

Protsess	Asukoht	Seade	Tehnilised parameetrid		
II astme pumpla	II astme pumpla hoone	KSB	132 KW	230 l/s	828 m ³ /h
	II astme pumpla hoone	KSB	132 KW	230 l/s	828 m ³ /h
	II astme pumpla hoone	KSB	37 KW	57 l/s	205 m ³ /h
		Sagedusmuundurid 3 tk			

5.5.1 Puhta vee mahutid

Reiu veetöötusjaama kompleks on varustatud nelja puhta vee reservuaariga, mille mahutavus on kokku 2800 m³. Mahutite mahutavus varieerub 400 – 1000 kuupmeetrit. Mahutid tagavad ligikaudu kuuetunnise maksimumvooluhulga veevaru olemasolu. [31]

Reservuaaride mahud on esitatud järgmises tabelis (Tabel 5.5.1.1).

Tabel 5.5.1.1 Reiu veetöötusjaama veereservuaarid [31]

Reservuaari nimetus	Maht m ³
1	400
2	400
3	1 000
4	1 000
KOKKU	2 800

5.5.2 Teise astme pumpla

Teise astme pumbad hoiavad linna veevarustussüsteemis pidevat 3,8 baarist survet, mis vastab linna veerõhu nõuetele. Päeval korraga töötab üks pump 828 m³/h ja alates 01:00 öösel kuni hommikul 06:00-ni 250 m³/h. Pumbad on automaatse juhtimisega ja on varustatud sagedusmuunduritega. Pumplal on kindlustatud kahepoolne elektrivarustus, et elektrikatkestuse ajal oleks võimalik tööd jätkata. [31]

Teise astme pumplas olevad pumbad ning nende tehnilised andmed on esitatud järgmises tabelis (Tabel 5.5.2.1).

Tabel 5.5.2.1 Teise astme pumpade tehnilised andmed [31]

Pumba mark	Võimsus KW	Tootlikus m³/h
KSB Etanorm RM 250-400 230 l/s	132	828
KSB Etanorm RM 250-400 230 l/s	132	828
KSB Etanorm 150-125-400 57 l/s	37	205
KOKKU	301	1793

5.6 Pärnu linna veetarbimine ning veeteenuste tarbijate arv

Pärnu linna veetarbimine moodustab ligikaudu 88% kogu AS-i Pärnu Vesi müügi mahust. 2023. aastal tarbiti vett Pärnu linnas keskmiselt 2 221 tuhat m³. Aastatel 2019-2023 tarbiti keskmiselt 2 171 tuhat m³ aastas. Vee tarbimise mahuandmed on saadud klientidele paigaldatud veearvestite näitude põhjal. Veearvestite osakaal on Pärnu linnas ühisveevarustussüsteemis 100%. Pärnu linnas kasutab ligikaudu 99% elanikest ühisveevärgiteenust. Keskmise tarbimine elaniku kohta oli 2023. aastal arvestuslikult 82 l/ööpäevas. [31]

Veetarbimise mahuandmed elanike ja ettevõtete tarbimiste kohta on esitatud järgmises tabelis (Tabel 5.6.1).

Tabel 5.6.1 Veetarbimine Pärnu linnas aastatel 2019-2023 [31]

Aasta	Kliendid	Veetarbimise maht (tuhat m³)	Osakaal (%)	KOKKU (tuhat m³)
2019	Elanikud	1 358	62	2 161
	Ettevõtted	803	38	
2020	Elanikud	1 430	67	2 133
	Ettevõtted	702	33	
2021	Elanikud	1 443	67	2 145
	Ettevõtted	702	33	
2022	Elanikud	1 407	64	2 193
	Ettevõtted	786	36	
2023	Elanikud	1 429	64	2 221
	Ettevõtted	792	36	

5.7 Veevõrk

Pärnu veevõrgusüsteem algab Reiu veetöötlusjaamast. Vesi suunatakse Pärnu kesklinna läbi kahe peamise magistraalitorustiku, mis jagunevad edasi Pärnu jõe vasakkalda ning paremkalda veevarustuseks. Paikuse aleviku, Silla ja Seljametsa küla tarbeks pumbatakse vesi Reiu-Sindi 280 millimeetrise läbimõõduga magistraalitorustikust, millel on Paikse alevis seitse veemõõturitega varustatud liitumispunktid. Sealt edasi suunatakse vesi jaotustorustikesse. [31]

Pärnu kesklinna veevõrk on ühendatud Audru aleviku veevõrguga Audru aleviku veevõrgu mõtteliseks liitumispunktiks on Audru kolmanda astme pumpla. Kogu linna tiheasustusega hoonestatud alad on kaetud veevõrguga. Veetorustikke on linnas kokku ligikaudu 284 km, millest peatorustikud moodustavad ligikaudu 34 km ning jaotustorustikud ehk tänavatorustikud moodustavad 250 km. [31]

Suuremad veejaotustorustiku liinid kulgevad Rääma tänaval, Ehitajate teel, Lille ja Rõugu tänaval, Riia maanteel, Papiniidu tänaval, A. H. Tammsaare puisteel ning Mai ja Merimetsa tänaval. Linna veevõrgu pealiinide torustike läbimõõdud varieeruvad vahemikus 250-400 millimeetrit. Linna veevõrgu skeem on esitatud töö lisa (Lisa 1).

5.8 Tuletõrjevee varustus

Pärnu ühisveevärgi tuletõrje veevarustus on korraldatud tuletõrjehüdrantide läbi. Ühisveevärgi torustikele on paigaldatud kokku 886 tuletõrjehüdranti, sealhulgas 568 maa-alust ning 318 maapealset hüdranti. Pärnu linnas on 682, Audrus 134 ning Paikuse osavallas asub 70 tuletõrjehüdranti. Ühisveevärgi jaotusvõrgul ei tohi hüdrantide vaheline kaugus ületada 200 meetrit. Samuti tuleb arvestada sellega, et kõik rajatised ning hooned, millel on nõutud välimine tulekustutusvesi, ei või olla tarvitatavast hüdrantist kaugemal kui 100 meetrit. [31]

6. METOODIKA

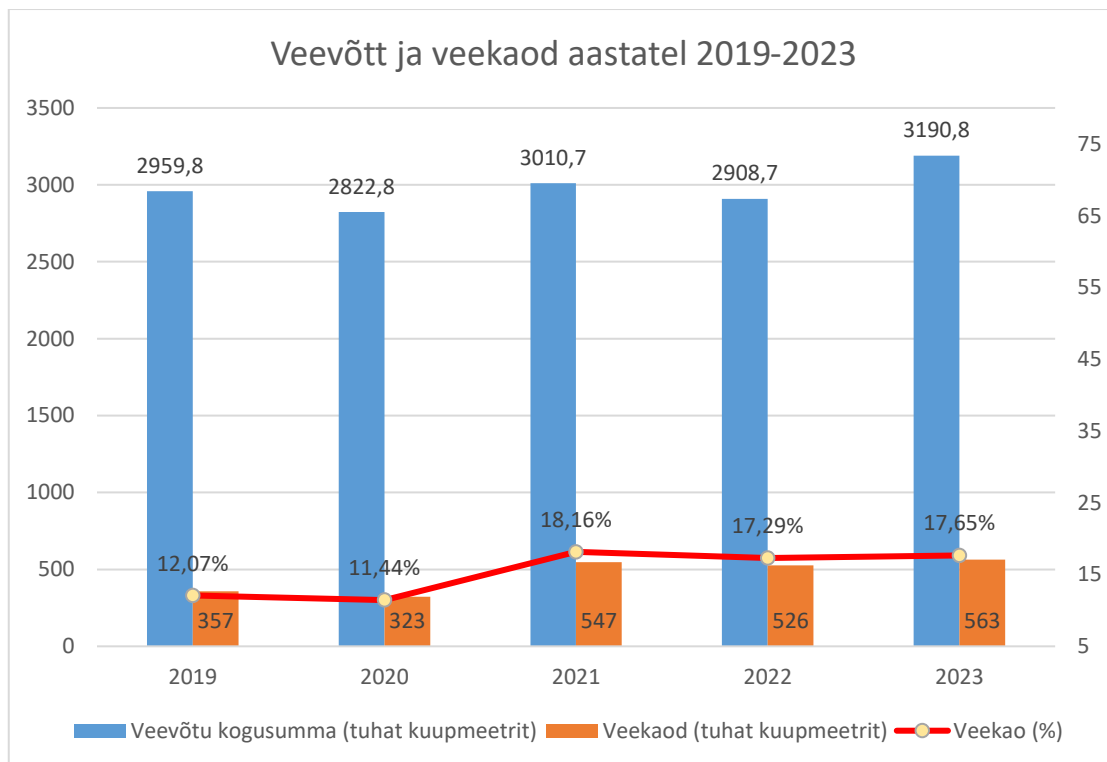
Käesolev peatükk annab ülevaate töös kasutatud metoodikast. Antud töös on kasutatud kombineeritud metoodikat, mis hõlmab kvalitatiivseid ning kvantitatiivseid uurimismeetodeid.

Kasutatud metoodika liigid ning nende alla kuuluvad tegevused on järgmised:

- 1) Kvalitatiivne analüüs: Erinevate dokumentide, registrite analüüs, andmete kogumine ettevõttes töötavalt ekspertidelt. Analüüsi koostamiseks kasutati torude, avariide ja hüdrantide registrit ning veetarbimise andmeladu. Koostatud analüüs võimaldab kaardistada lekete olukorra ning torustike seisukorra. Põhinedes teoorias käsitletule uuriti ettevõttes võimalike veekadude tekkekohti.
- 2) Kvantitatiivne analüüs: statistiline andmete kogumine ning analüüs. Koguti andmeid veevõtu ning veekadude kohta 2019-2023 aastate perioodil. Kasutati statistilisi meetodeid, et tuvastada erinevaid muutusi veekadude suurustes.

7. VEEKAOD PÄRNU VEEVARUSTUSSÜSTEEMIS

Veevõtmine Reiu ja Vaskrääma veehaaretest 2019-2023 ajavahemikul varieerus märkimisväärselt. Kõige väiksem oli veevõtt 2020. aastal ning suurim 2023. aastal. Sarnaselt on muutunud ka veekaod. (Joonis 7.1)



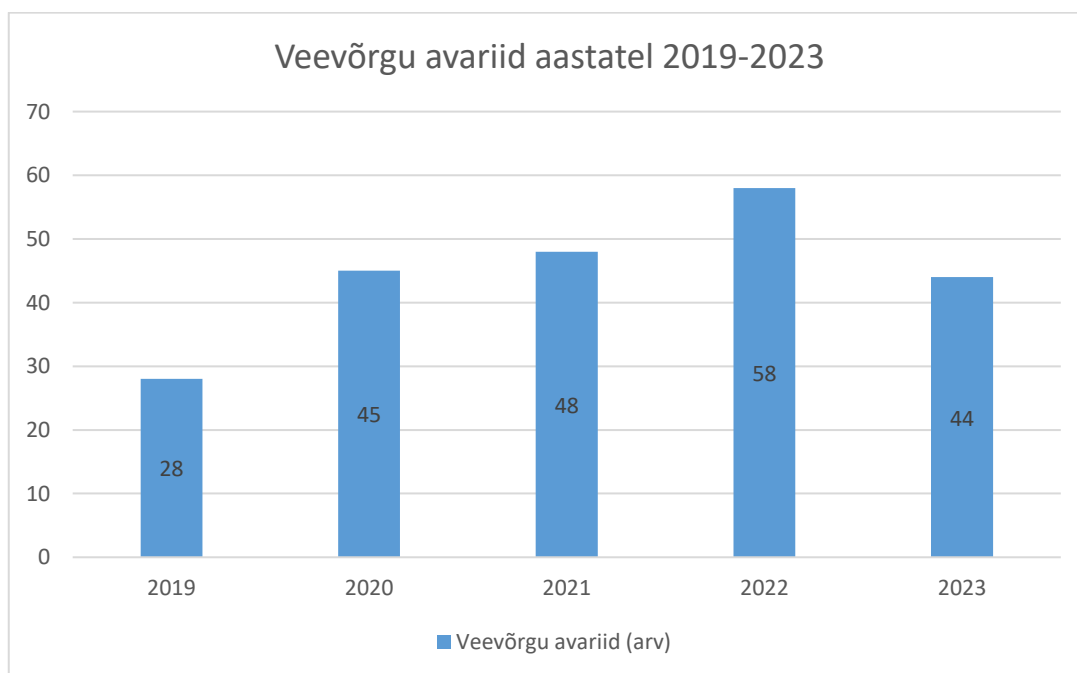
Joonis 6.1 Veevõtt ja veekaod aastatel 2019-2023

2023. aasta oli veevõtu osas rekordiline, kus pumbatud kogus ulatus 3190,8 tuhande kuupmeetriini ning eeldatavasti on pumbatud vee koguse suurus tingitud nõudluse kasvust. Samuti on 2023. aasta veekadude protsent suhteliselt suur ja jääb võrreldes 2021. aastaga teisele kohale 17,7 protsendiga (Joonis 7.1). Veekao kasvule 2023. aastal aitas kindlasti kaasa reservuaarmahutite üle ajamine, mis oli tingitud filtrite pesu automaatika rikkest. Toorveetorustikust tekkis 2023. aastal veekadu kokku 107 tuhat kuupmeetrit, mis moodustab ligikaudu 3,4 protsenti aastasest veekadude osakaalust. Veevõrgukadu ulatus 348,9 tuhande kuupmeetriini, moodustades seeläbi valdava osa kogu veekadude summast ning ligikaudu 10,95% aastasest kadude mahust. Reiu veetöötlusjaamast tulenev veekao ja omatarbe summa moodustavad kadudest ligikaudu 106,6 tuhat kuupmeetrit, mis teeb kogu 2023. aasta veekadude osakaaluks umbes 3,34%. (Tabel 7.1)

Tabel 7.1 2023. aastal tekkinud veekaod

Nimetus	Vooluhulk tuhat m ³	Osakaal %
Toorveetorustiku veekadu (Puurkaevud- Reiu veetöötlusjaam)	107,0 tuhat m ³	3,36%
Reiu veetöötlusjaama omatarve (filtrite pesu)	48,5 tuhat m ³	1,52%
Reiu veetöötlusjaama kadu (Reiu veetöötlusjaama sisse - Reiu veetöötlusjaamast välja - Reiu veetöötlusjaama omatarve)	58,1 tuhat m ³	1,82%
Veevõrgu kadu (Reiu veetöötlusjaamast välja + lokaalsed puurkaevud – müüdnud vesi* + Paikuse müük)	348,9 tuhat m ³	10,95%
KOKKU	562,5 tuhat m³	17,65%

2020. aastal on toimunud veekadude mahu vähenemine 357-lt tuhandelt kuupmeetrit 323 tuhandele kuupmeetriks, mis on protsentuaalselt vähenenud kokku ~10%. Veevõtu ja veekadude vähenemise põhjuseks võib kindlasti välja tuua ülemaailmse koroonaviiruse puhangu, kus tarbimine oli oluliselt vähenenud Pärnu linnas asetsevate spaakeskuste ja teiste asutuste sulgemise tõttu. Sellest tulenevalt oli ka põhjavee pumbatud vee kogus viimase viie aasta kõige väiksem (Joonis 7.1). Selle kõrval on aga hüppeline tõus toimunud veevõrguavariides (Joonis 7.2). Veevõrguavariisid on 2019. aastal registreeritud kokku 28. korral ning 2020. aastal 45 korda, mis teeb protsentuaalse kasvuna ligikaudu 38%. Joonisel 6.2 esitatud andmete põhjal saab väita, et registreeritud veeavariide tõus ei ole tõstnud veekadude mahu suurust. Samas tuleb ära märkida, et veeavariid ei pruugi olla 100% ulatuses registreeritud, sest tihtipeale avariid esinevad silmale mittenähtaval kujul ja on raskesti avastatavad.



Joonis 7.2 Registreeritud veevõrgu avariid aastatel 2019-2023

Aastatel 2020-2021 toimus kasv veekadude mahult 323-lt tuhandelt kuupmeetrilt kuni 547-le tuhandele kuupmeetrile, mis ligikaudu 40% kasvu (Joonis 7.1). Kuigi veekadude maht kasvas protsentuaalselt märkimisväärselt, oli veekao osakaal kogu veesüsteemi toodetava vee kogusest ainult 6-7 %. Järgnevatel aastatel on veekao protsent jäänud püsivale tasemele. Üheks veekao kasvu põhjuseks 2021. aastal saab kindlasti välja tuua veetootlikkuse kasvu, mis oli tingitud veetarbimise suurenemisest (Joonis 7.1). Vee pumpade töö intensiivistumisel, suurenevad ka rõhud veejaotustorustikes, mille tulemusena liigub rohkem vett suuremal kiirusel läbi veevõrgu. Kõrgem rõhk võib põhjustada olemasolevate lekete suurenemist või uute lekete tekkimist nõrgematel/hapramatel lõikudel. Samas ei saa väita, et veevariide hulk 2021. aastal oleks võrreldes 2020. aastaga oluliselt palju tõusnud. Tuleb arvestada ka seda, et veevõrguavariid võisid esineda ka suurema läbimõõduga torustikel ning sellest tulenevalt olla mahukamad, mis omakorda tekitavad olulist veekadu. Üheks faktoriks, mis mängis rolli 2021. aastal tarbimise kasvus oli kindlasti koroonaviiruse pandeemia osaline lõpp, kus avati spaad ning teised asutused taas külastajatele ning selle tulemusena suurenes ka tarbimine ja veetootlikkus. Samuti oli 2021. aasta Eesti ajaloos kõige kuumema suvega aastanumber, kus sündis mitmeid riigisiseseid kuumarekordeid. Pikaajalisest kuumast ilmast tingituna on tihtipeale ka veetarbimise suurenemine tõenäolisem, sest inimesed kasutavad rohkem vett nii tarbimiseks kui ka aiamaade kastmiseks.

Aastal 2022 on toimunud edasimineku veekadude vähendamise osas. Absoluutne veekadu langes 2021 aasta 18,16%-lt 17,29%-le (Joonis 7.1). Samuti vähenes ka pumbatud vee kogus 3 010,7 tuhandelt kuupmeetrilt 2 908,7 tuhandele kuupmeetrile (Joonis 6.1). Langust veekadudes saab seostada pumbatud vee koguse vähenemisega, kus pumbatava vee surve on ka madalam kui suuremate pumbatavate vee koguste puhul. Sellest tulenevalt on ka lekkes veesüsteemis väiksemad kui suurema surve puhul. Samas registreeritud avariide hulk 2022. aastal ületas eelnevatel aastatel registreeritud lekete arvu ning on võrreldavate viie aasta kõrgeim (joonis 7.2).

8. PÄRNU LINNA VEEVARUSTUSSÜSTEEMIS VEEKADUDE VÕIMALIKUD TEKKEKOHAD

Käesolev peatükk kirjeldab ning analüüsib AS-is Pärnu Vesi veevarustussüsteemis veekadude võimalikke tekkekohti. Võimalike tekkekohtade tuvastamiseks on andmed kogutud ettevõttes talletatud informatsiooni põhjal.

8.1 Veehaarded ja veetöötlusjaam

8.1.1 Puurkaev-pumplate töökindlus

AS-i Pärnu Vesi andmete kohaselt on kõigile seitsmele puurkaev-pumpale paigaldatud mehaanilised veearvestid, mille väljavahetamine toimub iga viie aasta järel. Kuigi enamik mõõtjaid on korrektselt hooldatud ning korrapäraselt vahetatud vastavalt graafikule, on osa veemõõtjaid vanemad kui viis aastat. Esinenud on probleeme mittekorrektset töötavate veearvestitega, mille tulemusena puurkaev-pumplatest väljuva toorvee mõõdetud maht alati ei ühti Reiu veetöötlusjaama siseneva toorvee mahuga. Selline erinevus võib viidata veekaole toorvee torustikus või veale Reiu veetöötlusjaama siseneval veearvestil.

Puurkaev-pumplates mängivad tähtsat rolli tagasivooluklapid, mida kasutatakse vee tagasivoolu takistamiseks. See on väga oluline just puurkaevu reostumise ja saastumise vältimiseks, mis võib tekkida, kui pumbatud vesi naaseb tagasi puurkaevu. Samuti korrektselt toimiv tagasivooluklapp aitab vähendada veekadusid, sest see väldib mõõdetud vee tagasi voolamist puurkaevu. Kui peaks tekkima olukord, kus tagasilöögiklapp on amortiseerinud ning ei tööta korrektselt, võib pärast pumpamist vesi liikuda tagasi puurkaevu. Sellisel juhul loeb mehaaniline veearvesti kulu tagasi, kuid see ei pruugi olla 100% ulatuses. Antud informatsiooni kohaselt võib väita, et puurkaevupumplatesse paigaldatud tagasivooluklappide ebaefektiivsus võib tekitada ka arvestatavat veekadu, mille mahu määramine on ettevõttele üpriski keeruline. Tagasivooluklappides tekkivat veekadu on keeruline monitoorida just seetõttu, et tagasivooluklapid ei sisalda voolumõõtureid ega ka muid seadmeid, mis saaksid mõõta läbiva vee mahtu.

Puurkaev-pumplatele on hoolduspäeviku pidamine oluline hoolduse planeerimiseks, seadme jõudluse jälgimiseks, ohutuse tagamiseks ja teabe edastamiseks, mis aitab säilitada pumpla tõhusust ning pikendada selle tööiga. AS-il Pärnu Vesi eraldi hoolduspäevik puurkaev-pumplate tarbeks puudub. Küll aga on operaatoritel üldine hoolduspäevik, kuhu kirjutatakse kõik opereerimise logid üles. 2024. aasta teisest poolest hakatakse andmeid sisestama ning hoolduse logi pidama varahaldusprogrammis AllDevice. Antud programm loob võimaluse hoolduspäevikut hoida elektroonilisel platvormil, mis muudab andmetele juurdepääsu lihtsamaks ning kiiremaks. See aitab ka paremini töid planeerida ning kontrollida, millal teatud süsteemi osa hooldust vajab. Samuti võimaldab programm analüüsida hooldusandmeid, tuvastades seeläbi mustreid, probleeme ja potentsiaalseid riske. Selline jälgimisviis aitab paremini mõista pumplate jõudlust ja vajadusi. Kokkuvõttes aitab AllDevice programm puurkaevu-pumplate hoolduspäevikut automatiseerida, organiseerida ja jälgida, et mis võib parandada hoolustööde tõhusust ning pumplate töökindlust.

8.1.2 Veetöötlusjaam

Reiu veetöötlusjaam rajati 1998. aastal, ning on 2024. aasta seisuga töötanud 26 aastat. Viimased 15 aastat on veetöötlusjaam töötanud ilma suuremate investeeringuteta. Veetöötlusjaama jõudluse jälgimiseks peetakse hoolduspäevikut, kuhu märgitakse üles kõik hoolduste ja rikete kuupäevad ning kellaajad.

Veetöötlusjaama üldine seisukord on hea, kuid on esinenud mõningaid probleeme puhta vee reservuaaridega. Reservuaaridel on tekkinud betoonvalul defektid, mis võivad põhjustada veelekete teket. Veetöötlusjaamas peamised veekadude tekkekohad seisnevad puhta vee reservuaaridega seonduvalt. Veemahuteid tuleb pidevalt pesta ning hooldada. Mahutite pesu teostatakse paakautoga, mille tarbeks võetakse vesi peale paakautole ning sinna lisatakse juurde Naatriumhüpokloriti lahust. Vesi on mõõdetud ning ühe mahuti pesuks kulub keskmiselt ligikaudu kaheksa kuupmeetrit vett ning kajastub veekadudes omatarbena. Enne mahutite pesemist ning hooldamist on vajalik mahutid tühjendada. Pool veemahutis olevast veest lastakse joogiveetorustikku ning teine pool tuleb juhtida kanalisse, et ei tekiks õhu sattumist teise astme pumpadesse. Kanalisatsiooni lastav vesi ei ole mõõdetud ning kajastub veekadude näituses.

Lisaks eelpool nimetatule on tekkinud ka avariilisi ülevoolu mahutitest. Mõned aastad tagasi tekkis ülevool seoses filtrite pesu automaatika rikkega. Mahutite maksimaalne

nivoo on neli meetrit ning kui selle piir ületatakse, voolab vesi otse kanalisatsiooni. Kanalisatsiooni mineva vee maht ei ole mõõdetud ning sellest tulenevalt on raske hinnata, et kui palju on tegelikult viimaste aastatega reservuaaridest veekadu tekkinud.

Ülejäänud veetöötlusjaama hoolduseks kasutatava vee kogus on suhteliselt väike ning selle mõõtmist ei teostata. Mõõdetakse ainult filtrite pesu jaoks kasutatavat vett ning ühe filtri läbipesu jaoks kulub ligikaudu 250 kuupmeetrit vett.

8.2 Veevõrgu torustikud

Pärnu linna veevõrk on suhteliselt uus, millest ~68% torustikest on uuemad kui 30 aastat. Kõige rohkem esineb polüetüleenist veetorustike, mille osakaal veevõrgus on ~59 protsenti. Veevõrgu lekete tase aastas moodustab ligikaudu 10-12%, mis sisaldab ka tarbijate kinnistutel asuvate torustike varjatud lekkeid.

Veevõrgu torustikud koosnevad mitmest erinevast materjalist. Torustike materjal, läbimõõt ning pikkus mängivad olulist rolli, mõjutades nende vastupidavust ning töökindlust. Tabelis 8.2.1 esitatud andmed näitavad millisest materjalist, millise läbimõõduga ning keskmiselt kui vanadest veetorustikest Pärnu linna veevõrk koosneb.

Tabel 8.2.1 Pärnu linna veevõrgu torustike materjalid, kogupikkused ning osakaal

Materjal	Pikkus (m)	Osakaal (%)
Malm	93978	33,162
Asbest	1466	0,517
Polüetüleen	167681	59,170
Polüpropüleen	7	0,002
Polüvinüülkloriid	14378	5,074
Teras	5878	2,074
Kokku	283388	100

8.2.1 Malm torustikud

Malm materjal on olnud traditsiooniliselt populaarne valik veetorustike ehitamiseks tänu materjali tugevusele ja vastupidavusele. Malmist torustikud on võimelised taluma suurt survet ning seetõttu on sobilik materjal veetorustike ehitamiseks piirkondadesse, kus on suurem veetarbimine. Malmi üheks suureks miinuseks on selle korrodeerumine, mis

vähendab materjali vastupidavust toru seinte paksuse vähenemise tõttu ning seeläbi võib põhjustada torustike pragunemist või lõhkemist. Malmist torustikel on kõige olulisemad tegurid selle läbimõõt ning pikkus. Suurema läbimõõduga torustikud on tavaliselt peatorustikud, mis transpordivad ka vee peamist voolu. Seega võivad lekked nendel torustikel põhjustada märkimisväärset veekadu ja süsteemi tõhususe langust.

Pärnu linna veevarustussüsteemis on 2024. aasta seisuga malm torustikke kogupikkuses 93 978 meetrit, mis teeb kogu veevõrgu torustike osakaaluks ~33% Malmtorustike näitajad on esitatud tabelis 8.2.1.1.

Tabel 8.2.1.1 Malm torustike läbimõõdud, pikkused ning keskmine vanus Pärnu linna veevõrgus

Materjal	Läbimõõt (mm)	Pikkus (m)	Keskmine vanus (aastates)
Malm	50	3449	52
Malm	65	5619	44
Malm	100	29979	47
Malm	150	18090	45
Malm	200	7688	48
Malm	250	767	41
Malm	300	5448	43
Malm	350	4749	52
Malm	400	18005	41
Malm	500	184	23

Malmist torustike vanus varieerub suuresti – 23 aastast kuni 52 aastani. 50 millimeetrise läbimõõduga torustike keskmine vanus on 52 aastat. Väikseim läbimõõt koos suhteliselt kõrge keskmise vanusega võib viidata sellele, et see on osa vanemast veejaotustorustikust. 50 millimeetriste malmist torustike lõikudel võib eeldatavasti esineda korrosiooni ehk roostet, mis omakorda suurendab ka lekete tõenäosust.

65-250 millimeetrise läbimõõduga torustike keskmine vanus jääb 41-48 aasta vahele. Antud torustikud teenindavad peamiselt suuremaid jaotuspiirkondi ning samuti ka väiksemaid peatorustike liine.

300-500 millimeetrise läbimõõduga malmist torustike vanus jääb 23-52 aasta vahemikku. 500 millimeetrise läbimõõduga malm torustike on kasutatud peamiselt Pärnu linnas Niidu tänava peatorustikuna ning selle keskmine vanus on vaid 23 aastat, millest saab eeldada, et torustik on enamjaolt heas seisukorras ning suuremaid lekkeid ei tohiks esineda. 400 millimeetrise läbimõõduga torustike kasutatakse samuti suuremate veetarbijatega piirkondades ning toorveetorustike liinidena. Antud läbimõõduga torustike keskmine vanus on 41 aastat.

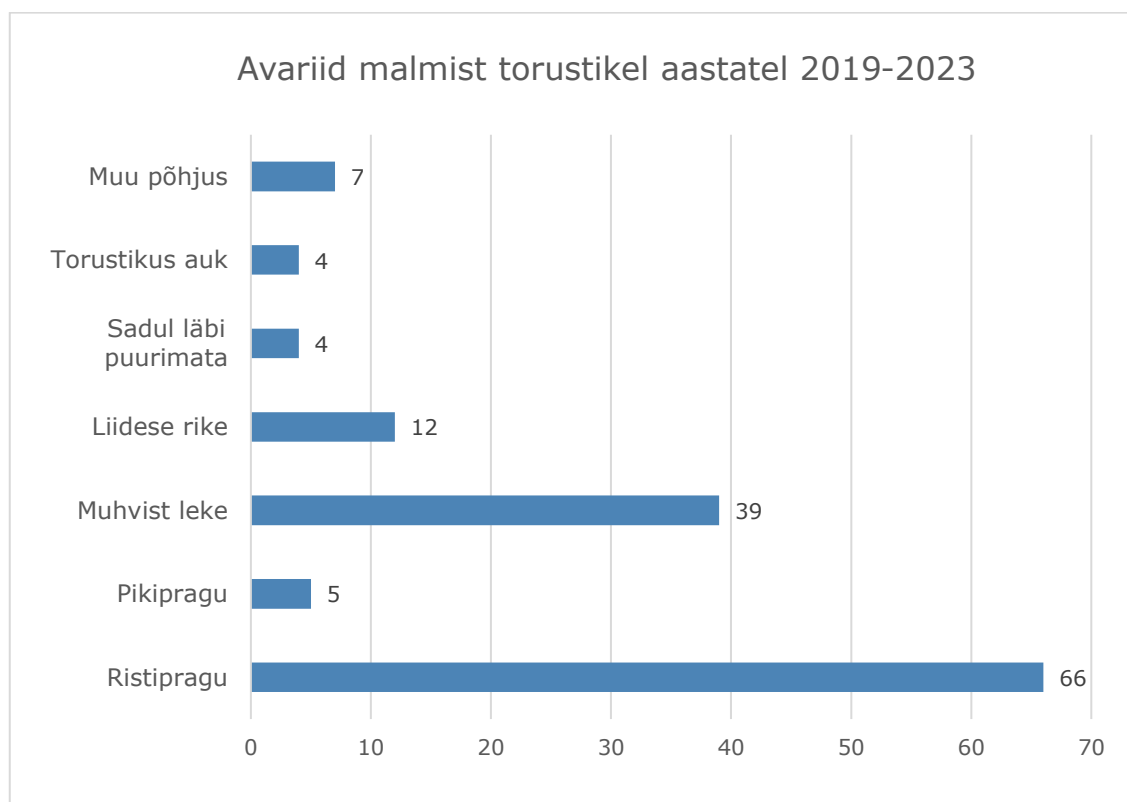
Vaskräama toorveetorustiku üldine seisukord on halb. Torustiku materjalina on kasutatud nõukogude perioodil valatud hallmalmist muhvtorusid, põlved ja siibrite väljaviigud on rajatud terasest. Reiu toorveetorustiku seisukord on hea ning on 80% ulatuses uuendatud. AS Pärnu Vesi info kohaselt on 2019-2023 aastatel toimunud toorveetorustikel 27 avariid. Peamiseks avarii põhjuseks on olnud torustike ühenduskohtade lekked. Torude muhvide ühendamiseks on kasutatud tõrvanööri või raskeõliga immutatud takku ning peale taku või nööri tihtrauga pilutamist on ülejäänud pilu täidetud tsementseguga. Tsementsegu ei ole kestev pikaajaline lahendus ning tsemendisegu paisumine või eemaldumine on olnud üheks peamiseks lekete tekkimise põhjuseks. Toorveetorustikel lekete avastamine on raskendatud, sest antud lõigul on veesurve madal ning jääb 1,5 baari juurde. Samuti toorveetorustikud paiknevad metsas ning põldudel ning nende siibrisõlmed asetsevad üksteisest väga kaugel, mistõttu igapäevane vaatlustegevus on raskendatud ning ressursimahukas.

Suuremate läbimõõtudega torustikud on peamised veetranspordi liinid. Sellest tulenevalt on ka suurema läbimõõduga ja vanemad veetorustikud eriti haavatavad, näiteks kui 350 millimeetrise läbimõõduga torustiku keskmine vanus ületab 40 aastat, tuleks neid torustike pidada kõrge riskitasemega aladeks lekete tekkimise suhtes. Sellised torustikud ei pruugi olla ainult rohkem kulunud, vaid kui suuremate läbimõõtudega veetorustike liinidel peaks toimuma lekkeid, siis on ka tekkiv veekadu oluliselt kõrgem, sest antud lõikudel voolab suurem vooluhulk vett.

Linna veevarustussüsteemi kõige problemaatilisemad lõigud esinevad just malmist torustikel. Kesklinnas asuva Hommiku, Rüütli ja Kuninga tänava vaheline lõik on valmistatud hallmalmist ning materjali ja ehituse kvaliteet on halb. Pidevalt tekib antud lõikudel avarisiid. Veel on problemaatiline kesklinnas asuv Nikolai, Rüütli ja Lõuna tänava vaheline lõik, seda samuti eelnimetatud põhjustel. Tegemist on 110-180 mm läbimõõduga torustikega ning antud torustikel tekkivad lekked võivad tekitada arvestatavalt suurt veekadu. Eelpool käsitletud problemaatilised lõigud on planeeritud välja vahetada lähitulevikus.

Malmist torustikel tekkis 2019-2023 aastatel 137 avariid, mis moodustab kõikidest torustikega seotud riketest ~61%. Peamiseks avariipõhjuseks oli ristipragu, mida esines 66 korral. Ristiprao tekkimine on peamiselt tingitud välistest jõududest, näiteks pinnase liikumine ning rasked koormused maapinnal. Need koormuslikud jõud ületavad toru materjali tugevuse, mistõttu torustik puruneb ristsuunaliselt. Teisena esines 2019-2023 aastatel kõige rohkem muhvist lekked, mida peamiselt põhjustab liideste läbi

roostetanud poldid ning mutrid. Kõige kriitilisemad on liideste rikked, muhvist lekked ning torustikes tekkinud praod ja augud, sest need tähendavad otsest vee väljavoolu veevõrgusüsteemist. (Joonis 8.2.1.1)



Joonis 8.2.1.1 Avariide põhjused malmist torustikel aastatel 2019-2023

8.2.2 Asbesttorustikud

Asbestist torustikud on valmistatud asbesttsemendist, mis koosneb asbestkiududest ja tsemendist. Antud materjalist veetorud olid kunagi üsna levinud, sest selle omadused olid atraktiivsed (tugev, vastupidav korrosioonile ja kulumisele ning samuti odav).

Asbestist torustike esineb Pärnu linna veevõrgus 1466 meetrit, mis teeb kogu veevõrgu torustike osakaaluks ligikaudu 0,5% (Tabel 8.2.2.1). Samas ei saa väita, et tabelis esitatud informatsiooni kohaselt on asbestist torustike mahud 100% tõepärased, sest andmed vanade torude osas võivad olla vigased ning renoveeritud osade kohta pole info korrektselt talletatud.

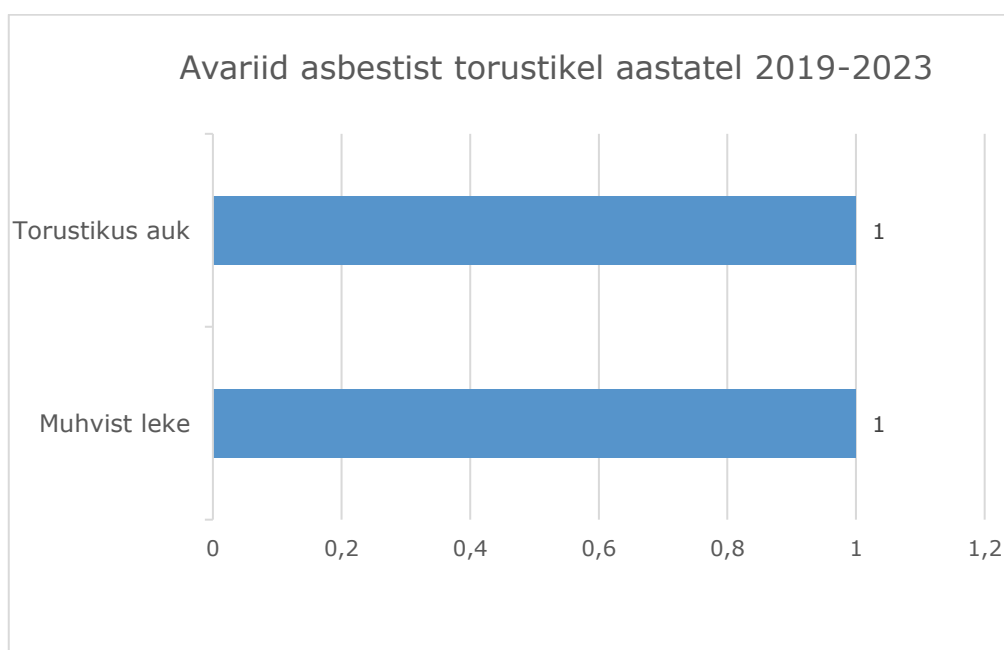
Asbestist torustikke esineb linna veevõrgus kahe läbimõõduna, milleks on 150 ja 100 millimeetrit (Tabel 8.2.2.1). Asbestist torustike esineb viies erinevas lõigus ning üldiselt ühe lõigu pikkus ei ületa 300 meetrit. Asbest torustike keskmine vanus jääb 59-62 aasta

vahele. Asbestist torustikud võivad vananedes suurendada samuti veekadusid. Torustiku vananemisel tekib aja jooksul kulumine, mis võib põhjustada torustike pragunemist. Lisaks asbesti lagunemine võib eritada vette asbestist kiude, mis vee aurustumisel võivad põhjustada terviseriske. Üldiselt on Pärnu linnas asbest torustikud välja vahetatud, kuid üksikute lõikudena neid veel eksisteerib.

Tabel 8.2.2.1 Asbest torustike läbimõõdud, pikkused ning keskmine vanus Pärnu linna veevõrgus

Materjal	Läbimõõt (mm)	Pikkus (m)	Keskmine vanus (aastates)
Asbest	150	1423	59
Asbest	100	43	62

Asbestist torustike lõikudel tekkis aastatel 2019-2023 kokku kaks avariid. Avariide vähesus tuleneb sellest, et nende osakaal jaotusvõrgus on väike. Asbestist torustikel on nelja aasta jooksul tuvastatud ühel korral muhvist leke ning auk torustikus. (Joonis 8.2.2.1)



Joonis 8.2.2.1 Avariide põhjused asbestist torustikel aastatel 2019-2023

8.2.3 Polüetüleen torustikud

Polüetüleen materjalist torustikud on üldiselt väga vastupidavad ning nende keskmiseks kasutuseaks on ligikaudu 50 aastat. Seda eeldusel, et torustike kasutatakse korrektselt ning torustikes olev surve ei ületaks toru nimisurvet. Polüetüleen on korrosioonikindel

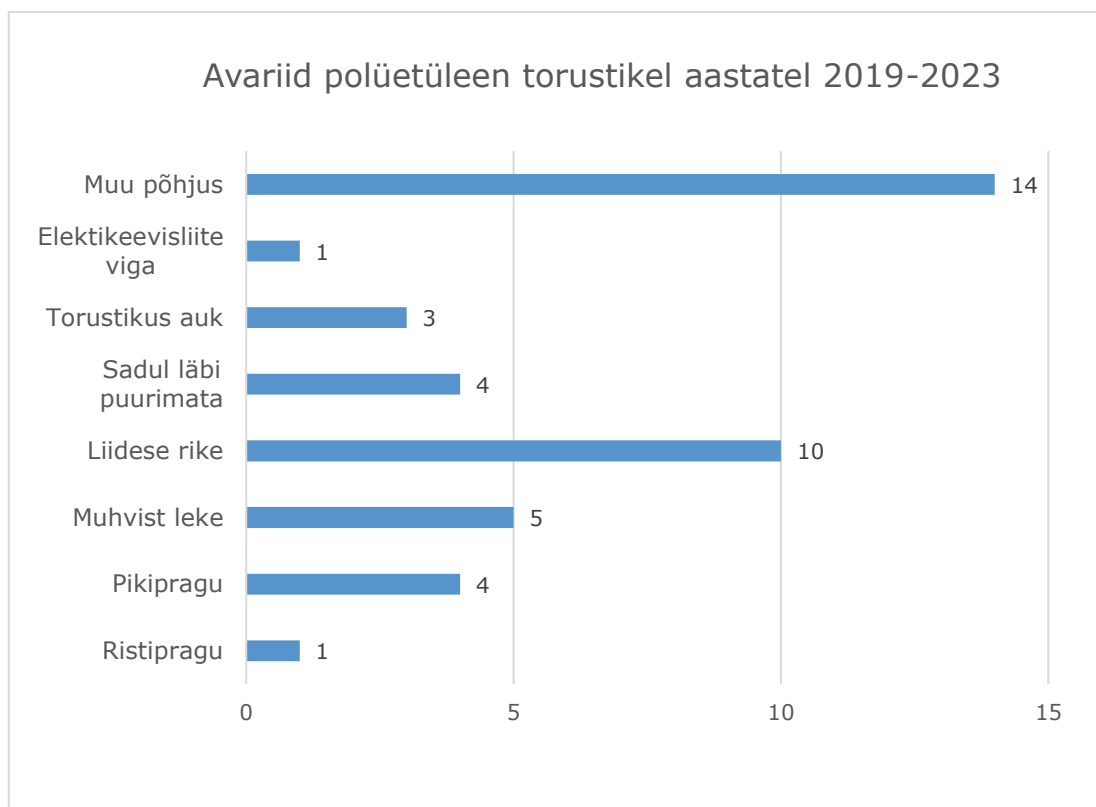
plastmaterjal ehk see ei lagune ja ei roosteta nagu näiteks malmist või terasest torustikud. Selline omadus vähendab juba oluliselt lekete tekkimise riski, mis on ka üks peamisi põhjuseid veekadude tekkimiseks. Samuti polüetüleenist torustike on võimalik elektriga keevitada, mis tagab ühenduskohtade kindlama vee- ning survepidavuse. Samas ei ole ühelgi torumaterjalil lekete tekkimine täielikult välistatud, sest need võivad ilmneda ka materjali defekti, kulumise ja vigaste ühenduste tagajärjel.

Pärnu linna veejaotusvõrk koosneb enamjaolt polüetüleen materjalist torustikest. 2024. aasta seisuga esineb veevõrgus polüetüleenist torustike 20-500 millimeetriste lõikudena ning kogupikkusena 167 681 meetrit, mis teeb kogu veevõrgu torustike osakaalust ligikaudu 59%. Nende keskmine vanus jääb 14,5 aasta juurde, mis teeb kõigist teistest veevõrgus esinevatest torustike materjalidest kõige uuemad. Keskmise vanuse poolest vanemad torustikud on väiksema läbimõõduga torustikud, nagu näiteks 20 ning 25 millimeetrit. Selliste torustike keskmine vanus on 22 aastat. Tunduvalt uuemad on suurema läbimõõduga torustikud, mille keskmine vanus jääb 7-14 aasta vahemikku.

Tabel 8.2.3.1 Polüetüleen torustike läbimõõdud, pikkused ning keskmine vanus Pärnu linna veevõrgus

Materjal	Läbimõõt (mm)	Pikkus (m)	Keskmine vanus (aastates)
Polüetüleen	20	12	22
Polüetüleen	25	32	22
Polüetüleen	32	26300	16
Polüetüleen	40	4655	15
Polüetüleen	50	4188	14
Polüetüleen	63	21944	14
Polüetüleen	65	165	16
Polüetüleen	75	205	15
Polüetüleen	90	356	15
Polüetüleen	110	69512	13
Polüetüleen	125	662	16
Polüetüleen	150	95	19
Polüetüleen	160	16741	14
Polüetüleen	200	7164	14
Polüetüleen	225	8067	15
Polüetüleen	250	2060	13
Polüetüleen	300	2	7
Polüetüleen	315	2653	14
Polüetüleen	400	1696	9
Polüetüleen	500	1172	7

Polüetüleenist torustikel tekkis 2019-2023 aastate vahemikus kokku 42 avariid (Joonis 8.2.3.1). Peamiseks avariid tekkimise põhjuseks oli muu põhjus, mida esines 14. korral. Torustikes tekkinud auke või pragusid on nelja aasta jooksul esinenud ainult kuuel korral. Liidese riket on esinenud 10. korral. Torustike liidestest tekkivad avariid on peamiselt ühenduskohtade lekkimine. See on kriitiline veeкао allikas, sest liideseest tekkinud leke võib jääda pikaks ajaks märkamatuks.



Joonis 8.2.3.1 Avariide põhjused polüetüleen torustikel aastatel 2019-2023

8.2.4 Polüpropüleen ja polüvinüülkloriid torustikud

Polüpropüleen materjalist torustikud sarnanevad üldiselt eelpool kirjeldatud polüetüleenist torustikega, kuid on natuke tugevamad ning kannatavad ka kõrgemat temperatuuri. Polüpropüleenist torustike esineb veevõrgus ligikaudu 0,002% ning nende keskmine vanus on 20 aastat. (Tabel 8.2.4.1)

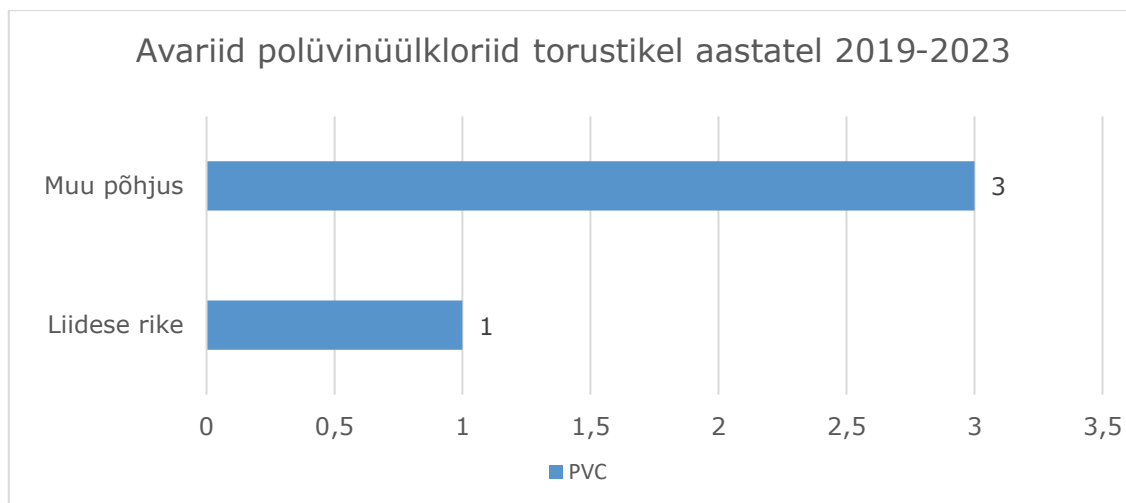
Tabel 8.2.4.1 Polüpropüleen ja polüvinüülkloriid torustike läbimõõdud, pikkused ning keskmine vanus Pärnu linna veevõrgus.

Materjal	Läbimõõt (mm)	Pikkus (m)	Keskmine vanus (aastates)
Polüpropüleen	200	7	20
Polüvinüülkloriid	32	1	20
Polüvinüülkloriid	75	14	22

Polüvinüülkloriid	100	266	27
Polüvinüülkloriid	110	3743	23
Materjal	Läbimõõt (mm)	Pikkus (m)	Keskmine vanus (aastates)
Polüvinüülkloriid	150	175	25
Polüvinüülkloriid	160	4980	22
Polüvinüülkloriid	200	11	36
Polüvinüülkloriid	225	2897	23
Polüvinüülkloriid	280	320	21
Polüvinüülkloriid	315	1971	26

Polüvinüülkloriid on veel tugevama ning jäigema kooslusega kui polüpropüleen. Erinevalt teistest kirjeldatud plastidest, ei kannata see kõrgeid temperatuure ning sellest tulenevalt sobib pigem külma vee transportimiseks. Polüvinüülkloriidist torustike esineb võrgus kokku 14 378 meetrit, mis teeb kogu võrgu torustike osakaaluks ligikaudu 5,1 protsenti. Pärnu linna veevõrku kuuluvate polüvinüülkloriidist torustike läbimõõt on 32-315 millimeetrit ning keskmiseks vanuseks on 24 aastat. Polüvinüülkloriidist torustike keskmiseks elueaks loetakse 50 aastat ning sellest lähtuvalt saab väita, et veevõrgus esinevad torustikud pole üldiselt väga vanad ning tõenäoliselt ei esine ka antud materjalist torustikel lekkeid. Polüvinüülkloriidist torustike kasutamine veetrasside ehitamiseks pole pigem levinud ning seda just sellepärast, et nende paigaldamine on üsna keerukas. Selle materjali omaduste tõttu on torude ühendamine keerulisem kui polüetüleenist torudel, sest neid ei ole võimalik omavahel elektriga keevitada, mis tagaks ühenduskohtadel kindlama vee- ja survepidavuse. Veetorude paigaldamisel mängib olulist rolli ka materjali paindlikkus, sest jäik materjal ei paindu ning võib painutades puruneda. Tihtipeale ei pruugi ka paigalduse käigus torude kahjustused kohe silmale nähtaval kohal esineda ning niiviisi võib maa sisse olla paigaldatud vigane torustik, kust omakorda tekib oht uute lekete tekkimisele. (Tabel 8.2.4.1)

Polüvinüülkloriidist torustikel tekkis 2019-2023 aastatel kokku neli avariid, millest ühel korral tuvastati liidese rike. Muid põhjuseid esines kolmel korral. Antud torustiku materjali lõikudel tekkinud avariide arv on väike just seetõttu, et antud materjalist torustike osakaal veevõrgus väike. Polüpropüleenist torustike lõikudel toimunud avariide kohta on informatsioon puudulik, kuid ei saa välistada ka võimalust, et antud ajavahemikul pole kordagi polüpropüleenist torustike lõikudel avariisid avastatud. (Joonis 8.2.4.1)



Joonis 8.2.4.1 Avariide põhjused polüvinüülkloriid torustikel aastatel 2019-2023

8.2.5 Terastorustikud

Teras on tugev materjal, mis talub sarnaselt malmile suuri rõhke ning mehaanilist stressi. Teras ise on korrosioonile vastupidavam kui malm, kuid materjali hinna poolest on teras oluliselt kallim kui teised torustike materjalid.

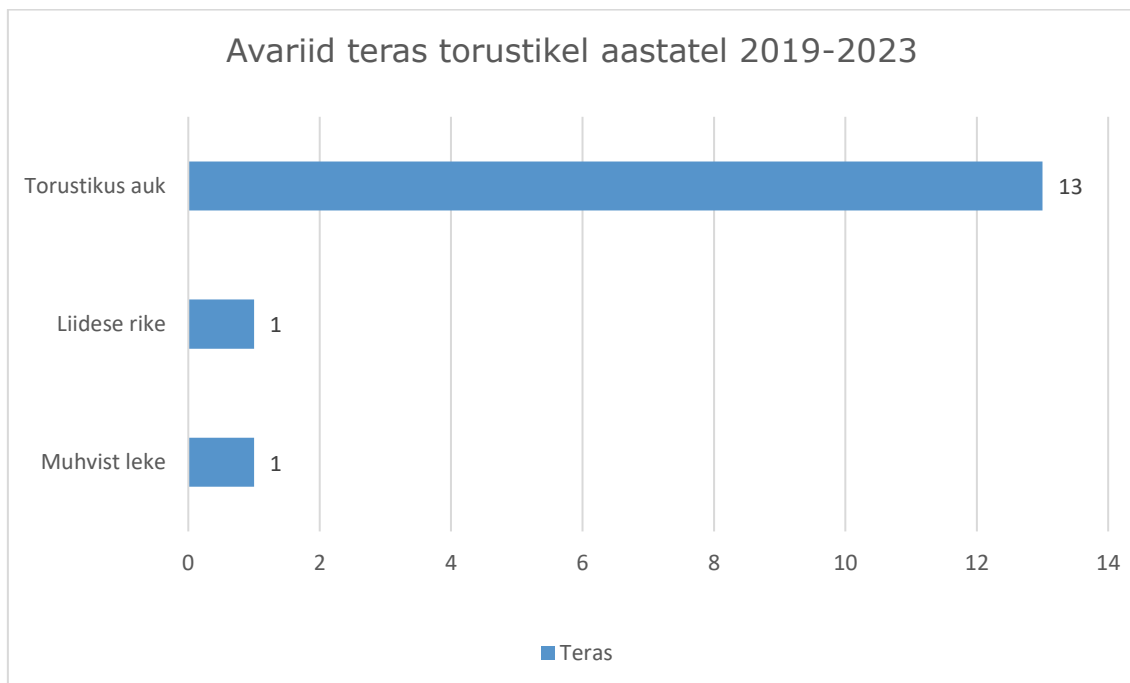
Terasest torustike esineb Pärnu linna veevõrgus 5878 meetrit ning kogu veevõrgu osakaalust teeb see ~2,1%. Kõige vanemad terasest torustikud on 59 ning 63 aastat vanad, kuid sellise vanusega torustikud on väiksema läbimõõduga ühendustorustikud ning neid esineb kokku ainult 68 meetri pikkuselt. Kõige nooremad torustikud on 32 aastat vanad, kuid need on ka märkimisväärselt suurema läbimõõduga torustikud, milleks on 530 millimeetrit ning neid esineb veevõrgus 1698 meetrit. Vanuse poolest saab väita, et suurema läbimõõduga torustikul peaks esinema vähem potentsiaalseid veelekkeid kui väiksema läbimõõduga torustikel. Samas ei saa välistada, et lekkeid ei toimu suurema läbimõõduga torustikel. Suurema läbimõõduga torustikel väike lekete hulk moodustavad mahu poolest ikkagi suurema veekao kui väiksema läbimõõduga torustikud, sest nendest voolab läbi ka suurem vooluhulk vett. (Tabel 8.2.5.1)

Tabel 8.2.5.1 Teras torustike läbimõõdud, pikkused ning keskmine vanus Pärnu linna veevõrgus.

Materjal	Läbimõõt (mm)	Pikkus (m)	Keskmine vanus (aastates)
Teras	32	30	63
Teras	50	38	59
Teras	100	356	51
Teras	200	8	34
Teras	300	20	34

Materjal	Läbimõõt (mm)	Pikkus (m)	Keskmine vanus (aastates)
Teras	325	370	48
Teras	400	50	44
Teras	500	990	33
Teras	530	1698	32
Teras	800	2318	34

Terasest torustikel esines aastatel 2019-2023 kokku 15 avariid. Peamiseks avariiditekkimise põhjuseks oli auk torustikus, mida esines kokku 13. korral. Auk torustikus võib viidata materjali korrodeerumisele, millest tulenevalt on toru sein muutnud rabedaks ning augud on kergemad tekkima. Liidese riket ning muhvist leket esines antud ajavahemikul ainult ühel korral. (Joonis 8.2.5.1)



Joonis 8.2.5.1 Avariide põhjused terasest torustikel aastatel 2019-2023

8.3 Tuletõrjevee kasutamine hüdrantidest

Tuletõrjevee kasutamise kohta AS-il Pärnu Vesi konkreetne info puudub ning selle kohta päriti informatsiooni kohalikult päästeametilt. Päästeamet edastas 2022-2023 aastatel toimunud tulekahjude andmed. Tuletõrjevee kasutamist hüdrantidest on vee-ettevõttel üsna keerukas jälgida, sest hüdrandid pole varustatud veemõõtjatega. Samuti ei saa olla ka kindel, et Päästeameti poolt edastatud andmed on 100% korrektsed, sest

pole teada kuidas täpsemalt hüdrantidest kasutatud vee maht mõõdetud on, et kas maht on määratud ligikaudselt või on veemõõtjaga mõõdetud. Hüdrantidest kasutatav tuletõrjevesi ei ole maksustatud ning sellest tulenevalt liigituvad need veekadude alla.

2022-2023 aastate vahemikul toimus Pärnu linnas kokku 1136 tulekahju, millest 139 juhul kasutati tulekustutusveeks hüdranti. Antud perioodil kasutati vett kokku 66 858 kuupmeetrit, mis teeb vaadeldud ajavahemikul tekkinud veekadudest ligikaudu 6,2 protsenti.

Tabel 8.3.1 Tuletõrjervee kasutamine aastatel 2022-2023

Tulekahju tüüp	Kokku (tk)	Kasutati hüdranti (kordades)	Vesi (m³)
Maismaasõiduki tulekahju	32	10	2472,2
Plahvatus	1		
Tulekahju hoones	291	43	24954,3
Tulekahju hoones (ATeS)	576		
Tulekahju väljaspool hooneid	185	62	23676,7
Tulekahju metsas/maastikul	50	24	15755,0
Veesõiduki tulekahju	1		
Kokku:	1136	139	66858,2

Tulekahjudest toimus kõige rohkem põlenguid ärihoonetes, mida registreeriti kokku 576. korral. Päästeameti info kohaselt ei kasutatud nendes juhtumitest mitte ühelgi korral hüdranti. Teisena tekkis tulekahjudest kõige rohkem hoonetes, mida leidis aset 291. korral. Hoonete tulekahjude eemaldamiseks kasutati hüdrante kokku 43. korral, mille jaoks kulus vett kokku 24 677 kuupmeetrit. Ühe hoone tulekahju likvideerimiseks kulus vett keskmiselt 580 kuupmeetrit. (Tabel 8.3.1)

Tulekahjusid hoonetest väljaspool esines kokku 185. korral, millest 62 korral kasutati kustutamiseks hüdranti. Hüdrantidest võeti vett kokku 23676,7 m³ ning ühe tulekahju likvideerimiseks kulus vett keskmiselt 382 kuupmeetrit. (Tabel 8.3.1)

Maa- ja maastikupõlenguid registreeriti kokku 50. korral, millest 24. korral kasutati kustutamiseks vett hüdrantidest. Vett ammutati kokku 15 755 kuupmeetrit ning keskmiselt ühe tulekahju kustutamiseks kulus 656 kuupmeetrit vett. Tabelis esitatud andmete kohaselt on metsa- ning maastikupõlengute kustutamiseks kasutatud vee hulk teiste tulekahjude tüüpidega võrreldes kõige suurem. Suurema hulga vee kasutamine on peamiselt tingitud sellest, et antud tüüpi tulekahjud esinevad pigem kuivadel

perioodidel ning kuivadest oludest tingituna levib tuli kiiresti. Avatud aladel on raske tulekahju kontrolli all hoida ning seetõttu vajab ka suuremat vee kogust selle likvideerimiseks kui hoonetes esinevad tulekahjud (Tabel 8.3.1)

Maismaasõidukite tulekahjusid esines aastate 2022-2023 vahemikul kokku 32. korral. Nendest kümnel korral kasutati kustutamiseks vett hüdrantidest ning selle vee hulk moodustas kokku 2472 kuupmeetrit. See teeb ühe maismaasõiduki tulekahju likvideerimiseks keskmiselt 247 kuupmeetrit vett. (Tabel 8.3.1).

Tuletõrjehüdrantidest tekib veekadu ka hüdrantide katsetamise läbi. Hüdrantide katsetamist teostatakse iga kahe aasta järel. Katsetamine on vajalik selleks, et oleks tagatud nende korrektne toimivus tulekahjude korral. Testimise läbi on võimalik kindlaks teha, et kui suurt vooluhulka on hüdrandid võimelised pakkuma. Hüdrantide katsetamisel täpset kasutatud vee kogust ei mõõdetata, kuid lihtsa arvutuse teel on võimalik kindlaks teha ligikaudne maht. 2022. aastal katsetati hüdrante kokku 551 tükki, mille sekundiliseks vooluhulgaks mõõdeti kokku 17 239 liitrit. Katsetamise aeg on keskmiselt 5 minutit ning selle aja jooksul kasutatud vee kogus oli ligikaudu 5172 kuupmeetrit. Aastal 2023 katsetati kokku 317 hüdranti, mõõdetud sekundiliseks vooluhulgaks saadi 15 644 liitrit ning kokku kasutati ligikaudu 4693 kuupmeetrit vett. Tuletõrjehüdrantide katsetamise teel kaduma läinud vee protsent teeb 2022-2023 aastate vahemikul kokku ligikaudu 0,9%. (Tabel 8.3.2)

Tabel 8.3.2 Hüdrantide katsetused aastatel 2022 ja 2023

Aasta	Katsetatud hüdrantide arv	Mõõdetud vooluhulk (l/s)	Kogus (m ³ /5min)
2022	551	17 239	5172
2023	317	15 644	4693

Lisaks eelpool kirjeldatule tekib hüdrantidest veekadu veel torustike läbipesu kaudu. Torustike läbipesu teostatakse peamiselt selleks, et vältida setete kogunemist toru sisepinnale, mis langetaks veekvaliteeti. Torustike läbipesuks kasutatakse hüdrante, mille avamisel juhitakse suure voolukiirusega vesi läbi torustike. Torustike läbipesu mahtude kohta AS-il Pärnu Vesi konkreetne info puudub ning üldiselt arvutatakse vee kulu katsetamiste vooluhulkade järgi. Näiteks kui hüdrandi katsetamine toimub keskmiselt viis minutit ning vett kulub selleks 1000 kuupmeetrit, siis torustiku läbipesuks kulub keskmiselt kolm korda rohkem ehk 3000 kuupmeetrit. Ehk kui katsetamisel on vett kasutatud 2022. aastal kokku 17 239 kuupmeetrit, siis läbipesuks on vett kulunud 51 717 kuupmeetrit ning 2023. aastal kulus vett läbipesuks 46 932 kuupmeetrit. Torustike läbipesu peale kulunud vee protsent veekadudest teeb 2022-

2023 aastate vahemikul kokku ligikaudu 9 protsenti ning keskmiselt ühe aasta peale 4,5 protsenti veekadudest.

8.4 Veearvestid

Peamine näiliste veekadude tekkimine on enamasti põhjustatud just veearvestitest. Pärnu linna ühisveevärgi tarbijatele on AS-i Pärnu Vesi poolt kokku paigaldatud 8300 veearvestit, millest tänaseks on ligikaudu 6000 välja vahetatud kaugloetavate mõõtjate vastu. Antud mõõtjad kasutavad uuemat ultrahelil põhinevaid tehnoloogiaid, et mõõta kasutatud vee kogust. Ülejäänud 2300 mõõtjat on veel sellised, mis andmeid automaatselt operaatoritele ei edasta ning on mehhaanilised veearvestid. Ettevõtte arenguplaanides on plaan need lähitulevikus samuti vahetada kaugloetavate veearvestite vastu.

Uuemate veearvestite tööpõhimõte põhineb ultrahelitehnoloogial, kus sonarite abil mõõdetakse heli liikumisel läbi vee aega, mis kulub helilainetel vastava vahemaa läbimiseks. Saadud andmete põhjal arvutab veearvesti kokku veehulga, mis veemõõdusõlmest on läbi liikunud. Ultrahelitehnoloogial põhinevad veearvestid on palju täpsemad vee juurde ja maha arvutamisel ning lisaks sellele on neil suurem tundlikkus, ehk arvesti käivitub juba väiksema veevoolukiirusega (l/h).

Mehhaanilised veearvestid töötavad tiiviku pöörlemise põhimõttel, kus piisava kiirusega veevool, paneb tiiviku pöörlema ning vastav arv pöördeid edastatakse magnetsiduri abil rullmehhanismile, mille näitu arvestatakse arveldamisel. Tavapärastelt on mehhaaniliste arvestite tundlikkus palju madalam ning need vajavad suuremat veevoolukiirust, et rakenduks piisaval hulgal jõudu veearvesti rullmehhanismi käivitamiseks. Sellest tulenevalt on veearvestite tundlikkusel oluline roll veekadude määramisel, sest neid on vastavalt sellele omadusele suuremal või vähemal määral võimalik eneselegi teadmata ära kasutada.

Pärnu linnas on veearvesteid kokku paigaldatud ligikaudu 8300 ning kui arvutuskäigu aluseks võtta iga veearvesti käivitumise voolukiiruseks 2 l/h, siis oleks võimalik vett ära kasutada 16 600 liitrit tunnis selliselt, et veearvesti töö üldse ei rakendugi. Sellisel juhul tekiks ühe tunniga 16 600 liitrit näilist veekadu, mis on heaks näiteks, et kui palju veekadu on teoreetiliselt võimalik tekitada. Mehaaniliste veearvestite puhul on teoreetiline veekadu oluliselt suurem, sest mehhaaniliste veearvestite tundlikkus on madalam ning veesüsteemist on võimalik rohkem vett eemaldada nii, et andur ei loe tegelikult kasutatud vee kogust.

Lisaks eelpool toodule saab välja tuua ka võimaluse, et kui veearvesti on ebakorrektselt paigaldatud, ei vasta nõuetele või torustiku parameetritele, pole arvestatud veevoolukiirusega – võib samuti tekkida ebatäpsusi vee koguse arvestamisel.

Kokkuvõttes, veearvestite täpsus sõltub väga paljudest erinevatest teguritest, millest oluline osa on veearvesti tundlikkus. Kuna AS Pärnu Vesi ei ole talletanud arvestite konkreetseid andmeid tundlikkuse kohta, siis ei ole võimalik üheselt välja tuua, kui palju oleks teoreetiliselt võimalik veevõrgust vett kasutada selliselt, et veearvesti seda ei registreeri, seega ei ole võimalik nende andmete põhjal teha vastavaid järeldusi.

8.5 Ebaseaduslikud ühendused

Illegaalsete ühenduste avastamine ning nende dokumenteerimine on vee-ettevõttes väga tähtis, sest nii on võimalik oluliselt kokku hoida näiliste veekadude teket. AS Pärnu Vesi teostab illegaalsete ühenduste kontrollimist ja nende kohta info talletamist ettevõtte siseses platvormis Scoro. Antud platvorm tagab oluliste andmete haldamise ühes süsteemis, näiteks projektijuhtimist ning ka arvepidamist. Informatsiooni hoitakse projektides ning nende alla kuuluvates ülesannetes. Selline meetod, kus kõik teave illegaalsete ühenduste kohta koondub projektidesse ning nende ülesannete alla on osutunud pigem segadust tekitavaks ning mitte väga tõhusaks viisiks.

Informatsiooni koondamine projektipõhisesse süsteemi võib tekitada sellise olukorra, kus nende jälgitavus ning vajaliku informatsiooni välja filtreerimine on piiratud. Analüüsi koostamiseks ning selle jaoks teabe saamiseks, peab otsima läbi erinevate projektide ning nende all loodud ülesannetes, mis on väga aeganõudev tegevus. Selline süsteem raskendab oluliselt tervikliku pildi loomist ning tähtsate andmete kättesaadavust. Samuti selline info koondamine raskendab analüüsi teostamist ning ka illegaalsete ühenduste põhjuste ja nende poolt tekitatava mõju mõistmist.

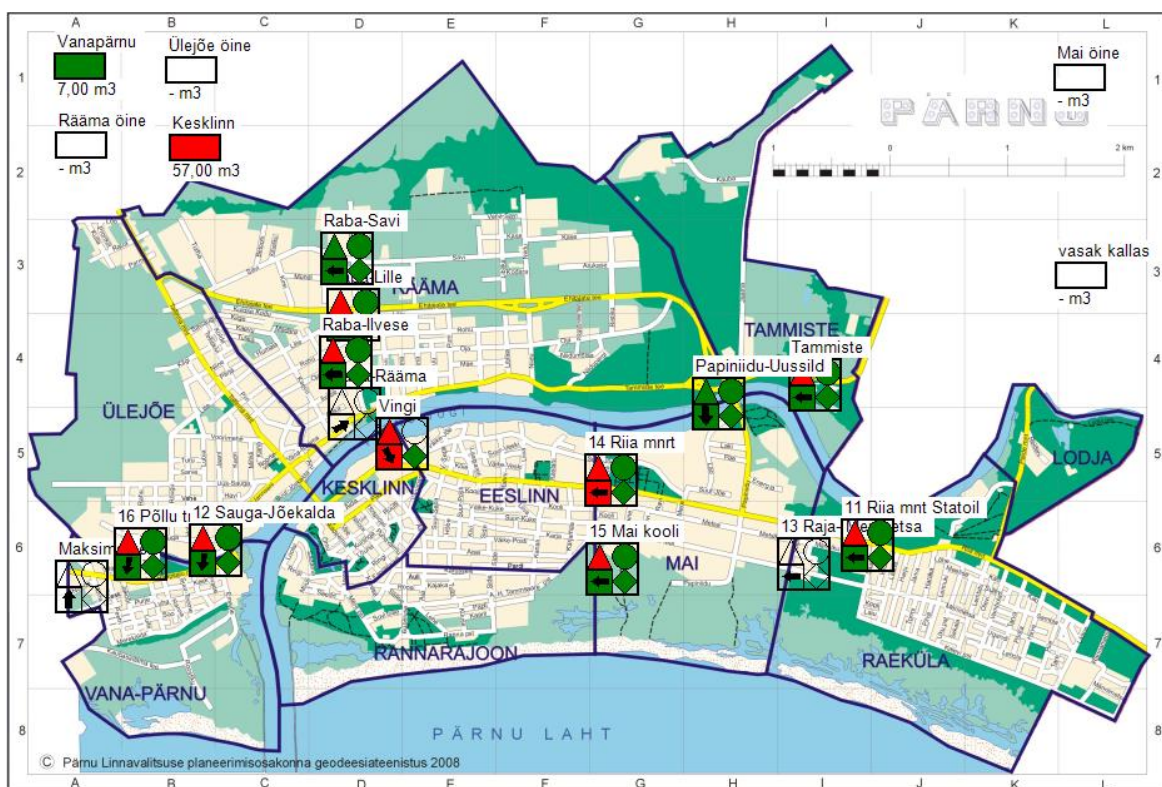
Veel üks põhjus, miks selline info talletamise süsteem ei ole kõige efektiivsem, on illegaalsete ühenduste registreerimisel tekkiv ajakulu. Iga uue ehitatud arendusala kohta peab looma eraldi projekti ning projekti alla tuleb luua iga kinnistu kohta eraldi ülesanne. Selline pidev sisestamine on üsna aeganõudev tegevus ning süsteemi võib tekkida ka personalist tingitud eksimusi. Lisaks selline info talletamine võib tähendada seda, et lisatud informatsioon ei pruugi kõikide vajalike töötajateni jõuda.

Toetudes eelpool kirjeldatule, puudub üheselt mõistetav informatsioon illegaalsetest ühendustest, sest info on killustatud kujul erinevates projektides ja seetõttu praktiliselt kättesaadamatu. Sellest tulenevalt ei ole võimalik anda terviklikku ülevaadet AS-is Pärnu Vesi tuvastatud illegaalsete ühenduste kohta.

9. AS-I PÄRNU VESI POOLT RAKENDATAVAD MEETMED VEEKADUDE VÄHENDAMISEKS

AS Pärnu Vesi rakendab mitut erinevat meetodit veekadude vähendamiseks ning nende vältimiseks, sealhulgas tsoneerimist, rõhu juhtimist ning torustike väljavahetamist või uuendamist. Vee-ettevõtte soovib veevõrgu lekete taset saavutada ning hoida alla 15% aastas.

Üheks peamiseks meetodiks veekadude tuvastamiseks ning ka vähendamiseks on tsoneerimine ehk mõõtmispiirkondade tekitamine. Tsoneerimisega on veevarustust palju tõhusam hallata ning lekkeid tuvastada. Sellest tulenevalt on Pärnu linna veevõrk jagatud hetkel kolmeks erinevaks tsooniks – Ülejõe, Vanapärnu ning Kesklinn (Joonis 9.1). Eelpool nimetatud tsoonidesse on paigaldatud andurid, mis edastavad mõõdetud vooluhulkade ja rõhkude andmed ettevõttes kasutatavasse Aqualys tarkvara programmi.



Joonis 9.1 Pärnu linna veevõrgu tsoonid ning andurite asukohad

Veevõrku on tegelikult kavandatud kokku kolmteist tsooni ning on paigaldatud ka teistesse tsoonidesse andureid/mõõtjaid, kuid hetkeseisuga ei ole need võimalised infot edastama ning samuti on need kalibreerimata. Antud tsoonide kohta on võimalik koguda teavet õiste tundide tarbimiste ajal kui tarbimine on oluliselt madalam ning saadud

näidud on valdavalt tingitud leketest. Talletatud tulemusi võrreldakse omavahel eelmiste mõõtmistega, näiteks eelmise aasta andmetega, mis on mõõdetud samal ajahetkel. Teabe võrdlemise tulemusena on võimalik määrata, kas antud tsoonis on tekkinud veekadu või mitte. Edasiste tegevustega tuvastatakse, kas tegu on lekkega või mitte. Kui tegu on lekkega, hakatakse tsooni omakorda tsoneerima, et tuvastada lekke täpne asukoht, et seda oleks võimalik parandada või teha selle põhjal otsuseid, kas torustiku osa vajaks väljavahetamist või mitte. Tsoneerimine on hetkel pooleriolev protsess ning infot on võimalik saada ainult eelpool nimetatud kolme tsooni kohta. Ettevõttel on lähitulevikus plaanis rakendada parandusmeetmeid, et alased teha omakorda veel väiksemateks tsoonideks. 2024. aasta alguse seisuga on projekteeritud juurde kuus mõõtmisandurit, ehitamine peaks toimuma selle aastanumbri sees.

Veel üheks meetodiks, mida AS Pärnu Vesi rakendab veekadude vähendamiseks on rõhu juhtimine. Rõhu opereerimisega alandatakse rõhk veetorustikes madalamale tasemele. Kui tavaline rõhk Pärnu linna veevõrgus on 3,8 baari, siis öistel tundidel kella 23:00 – 06:00 vahel alandatakse rõhk 3,2 baari peale. Seda rakendatakse just öistel tundidel, sest siis enamik inimesi magab ning vee kasutamine püsib minimaalsel tasemel. Täiendavalt alandatakse rõhku ka nädalavahetuseti päevasel ajal 3,4 baari peale. Kui rõhku reguleerida optimaalselt, siis on võimalik saavutada väiksem lekete hulk. Samuti rõhu vähendamine aitab pikendada torustiku eluiga, sest kõrge rõhk torustikus tekitab sellele mehaaniliselt suuremat koormust, mis omakorda võib kiirendada materjali kulumist ning seeläbi tekitada uusi lekkekohti. Madalam surve aga vähendab koormust ning aitab seeläbi torustikel kauem vastu pidada.

Torustiku väljavahetamine ning uuendamine on samuti viisid, mida ettevõttes rakendatakse veekadude minimeerimiseks. Torustike väljavahetamine kaasaegsematest ja vastupidavamatest materjalidest torustike vastu, vähendab oluliselt olemasolevate veekadude mahte ning potentsiaalselt tekkivaid lekkeid. Pärnu linna ühisveevärgi- ja kanalisatsiooni arendamise kava järgselt on 2022-2026 aastatel planeeritud rekonstrueerida 2,2 kilomeetrit veetorustikke ning rajada sealhulgas 5,6 km uut veevõrku. Aastatel 2027-2036 vahemikus on planeeritud investeerida ka ligikaudu 5,6 miljonit eurot, et rekonstrueerida enne 1994. aastat rajatud veetorustikke. Veetorustikke on kavandatud uuendada ligikaudu üks kilomeeter aastas, et oleks tagatud veevõrgu üldine jätkusuutlikkus ning tehniliselt hea seisukord. Ettevõtte on ka Vaskrääma toorveetorustiku vahetuse ette võtnud, mida tänaseks on väljavahetatud 384 meetri pikkuselt. 2024. aasta seisuga on välja vahetatud 1,4 kilomeetrit malmtorustikku ning samuti toorveetorustiku väljavahetuse tööd jätkuvad ka järgmistel aastatel.

Kokkuvõttes, veekadude vähendamiseks midagi olulist küll ettevõttes ei teostata, sest veekadude maht on püsinud piisavalt madalal tasemel, et mitte tekitada majanduslikult või tehniliselt suuri kahjusid ettevõttele. Veekadude kohta informatsiooni talletamine on kahjuks AS-is Pärnu Vesi suhteliselt kaootiline ning laiali paisatud kujul. Sellest tulenevalt ei ole võimalik koostada ka põhjalikku analüüsi AS-is Pärnu Vesi tekkivate veekadude kohta ning veekadude vähendamise meetmete kohta. Lisaks sellele nõuavad veekadude vähendamise tegevused palju investeringuid ning tööjõudu. Tuleb arvestada ka asjaoluga, et vee-ettevõtetel on tihtipeale piiratud eelarved, mis sunnivad neid investeerima rohkem prioriteetsematesse valdkondadesse. Veekadudega tegelemine on AS-is Pärnu vesi jäänud ka hetkel pigem tahaplaanile, sest hiljuti toimus OÜ Sindi Vesi ühinemine AS-iga Pärnu Vesi, mille üleminekuperiood on olnud pikk ja keerukas protsess ning tööjõudu lihtsalt ei jätku.

10. AUTORI POOLSED SOOVITUSED VEEKADUDE VÄHENDAMISEKS

Vananenud torustikud on tihtipeale kõige suuremad veekadude allikad, sest need on altimad purunemistele ning mida kiiremini torustikke rekonstrueeritakse, seda väiksemad on ka tekkivad veekaod. Ühisveevärgi ja arendamise kavaga on planeeritud rekonstrueerida 1 km aastas enne 1994. aastat rajatud torustike. Pärnu linna veevõrgus esineb hetkel 101 138 meetri jagu keskmise vanusega vanemaid kui 30 aastat torustike, mis kõik on peamiselt metallist torustikud. Kui 10 aasta jooksul on planeeritud välja vahetada 1 km pikkuselt vanu torustikke, siis selle aja jooksul suudetakse kokku rekonstrueerida ainult 10 000 meetri jagu torustikke. Vanade torustike osakaal veevõrgus säiliks endiselt 90 000 meetrit. Selline rekonstrueerimise maht tähendab ka seda, et kogu torustiku uuendamine võtab aega umbes 101 aastat, mis on üüratult pikk ajaperiood. Siinkohal tuleb arvestada ka asjaoluga, et paljud torustikud jäävad samal ajal vananema, kui ainult väike osa nendest rekonstrueeritakse.

Ettepanekud:

- Üheks autori poolseks soovitusena oleks rekonstrueerimise määra suurendamine ning kui on võimalik tuleks rekonstrueerimise mahtu suurendada näiteks 5000 meetrini aastas. Selle tulemusena väheneks kogu rekonstrueerimiseks kuluv aeg ligikaudu 20 aastani, mis oleks palju realistlikum ja efektiivsem veekadude vähendamiseks. Kindlasti tuleb võtta arvesse ka asjaolu, et ettevõtte peab tööd planeerima eelarvete piires. Piiratud rahalised vahendid võivad tähendada seda, et aastas ongi võimalik rekonstrueerida ainult 1000 meetrit vananenud torustikke.
- Kindlasti looks tervikliku pildi veekadude kohta ka geoinfosüsteemi kasutamine, kuhu oleks kaardipõhisesse süsteemi koostatud andmebaas veevarustussüsteemist – torustikud, kaevud, seadmed, vanused, dimensioonid jne. Sellise informatsiooni talletamine lihtsustaks tulevikus veevõrgu olukorra analüüsimist ning ka kõrgema riskiga piirkondade tuvastamist. Seeläbi oleks võimalik planeerida ka vastavaid hooldustöid. Hetkel geoinfosüsteemi AS Pärnu Vesi teavet 100% mahus veevariide ja lekete kohta ei talleta.
- Lisaks oleks tark teostada veekadude hindamist läbi Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni poolt koostatud veebilansi arvutamise struktuuri. Veebilansi arvutamisega oleks võimalik eristada veekadude koguseid ja täpsemaid tekkimiskohti, näiteks kas tegemist on näiliste veekadude või füüsiliste

veekadudega. Seeläbi on võimalik välja töötada ja rakendada vastavaid meetmeid veekadude vähendamiseks.

- Lõpetuseks tooks autor veekadude vähendamise üheks soovitusel välja tehisintellekti kasutamist. Tehisintellekt areneb pidevalt ning väga kiiresti, mis läbi võib kasutada seda tsoonide anduritest tuleneva info analüüsimiseks. Selline intellekt suudab vooluhulga, rõhu ning akustiliste mustrite anomaaliaid tuvastada. Need tehisintellekti süsteemid õpivad pidevalt mustreid, võimaldades seeläbi eristada normaalseid töövariatsioone, leketest põhjustatud kõikumisi või vähendada valepositiivsete tulemuste arvu. Tehisintellekti läbi on võimalik teha ka ennustusi, prognoosides võimalikke lekete aukohti varasemat andmete ning mustrite põhjal. Ennustuslik võimekus tekitab vee-ettevõttele eelise planeerida vajalikke hooldustöid ning tegeleda probleemidega enne nende ilmnemist.

KOKKUVÕTE

Pideva rahvastiku kasvu ning majandusarengu tulemusena on kaasnenud aina suurenev puhta vee tarbimise nõudluse kasv, millest tulenevalt tekib surve mageveevarudele. Viimase sajandiga on rahvastiku arv kolmekordistunud, mistõttu on ka magevee tarbimine kasvanud ligikaudu kuue kordselt. Samuti kliimamuutustega kaasnevad piirangud puhta magevee ligipääsule. Kliima soojenedes sademete jaotus muutub ning aurustumine suureneb, liustikud sulavad ning merevee tase tõuseb – kõik need tegurid mõjutavad magevee kättesaadavust.

Lisaks eelpool kirjeldatule, läheb vee tarnesüsteemides suures koguses vett kaduma. Maailmapanga uuringu kohaselt läheb veesüsteemides lekete tõttu kaduma ligikaudu 45 miljardit kuupmeetrit vett, mis moodustab 35% kogu maailma tarnitavast veest. Veekaod tekivad veevarustusüsteemis erinevatel põhjustel, näiteks leketest, hüdrantide kasutamisest, reservuaarmahutitest, veearvestitest ning ka ebaseaduslikest veeühendustest. Sellised kaod liigituvad kaheks – tegelikud kaod ning näilised kaod. Tegelikud kaod hõlmavad füüsilisi kadusid, mis tekivad jaotussüsteemis leketete tõttu ning näilised kaod tekivad peamiselt veetarbimise mõõtmise vigade tõttu. Veekaod tekitavad vee kui tähtsa ressursi raiskamist ning põhjustavad sellega mõjusid keskkonnale, tarbijatele kui ka vee-ettevõttele. Sellest tulenevalt on ka oluline veekadusid veevarustusüsteemis viia tasakaalu, et oleks tagatud keskkonnahoidlikkus ning vee-ettevõtte majanduslik pool.

Käesoleva lõputöö põhieesmärk on analüüsida veevarustusüsteemis tekkivaid veekadusid Aktsiaseltsi Pärnu Vesi näitel. Töö alaeesmärkideks oli kaardistada Pärnu linna veevarustusüsteemis tekkinud veekaod, analüüsida veekadude suhet kogu veevõtuga aastatel 2019-2023, selgitada välja peamised veekadude tekkepõhjused ja –kohad ning pakkuda välja meetmeid veekadude vähendamiseks.

Töö koostamise käigus selgus, et veekadude vähendamine on oluline, sest see mõjutab otseselt vee-ettevõtte efektiivsust ning kulusid. Veekaod moodustasid 2019-2023 aastal AS Pärnu Vesi veevarustusüsteemis 12,1-17,7 protsenti kogu tarnitavast veest. Veekadude peamised põhjused olid veehaarete ja veetöötlusjaamadega seonduvad tehnilised aspektid ning hooldus, vananenud ja kahjustunud torustikud, ebatõhusad veearvestid ning tuletõrjervee kasutamine hüdrantidest. Analüüsitud perioodil on suur osa veekadudest tekkinud torustike leketest. Pärnu linna veevarustusüsteemis ligikaudu 33% torustikest on malmist ning malmist torustikel on olnud ka kõige rohkem rikkeid. Lisaks kui vaadata töös mainitud torustike keskmist vanust, mis jääb umbkaudu

45-50 aasta vahele, siis saab järeldada, et vananenud malmist torustikud on probleem, mille lahendamisse tuleb investeerida, et vähendada füüsilisi veekadusid.

Koostatud uurimuse käigus selgus, et AS Pärnu Vesi ei ole siiani piisavalt panustanud veekadude vähendamise praktikatesse. Veekadude probleem on küll ettevõttes aktuaalne, kuid praktiliste meetmete rakendamine on olnud ebapiisav. Ettevõtte vajab strateegilisemat lähenemist ning rohkem investeringuid veekadude vähendamiseks. Oluline on välja töötada veekadude kohta informatsiooni talletamise reeglid ning koondada kõik informatsioon kokku, et tulevikus oleks võimalik teavet efektiivsemalt analüüsida ning selle põhjal koostada tegevuskava, mis sisaldaks vastavaid meetmeid veekadude vähendamiseks ning veevarustussüsteemi tõhususe parandamiseks. Veekadude vähendamise rakendamise ebapiisavusest tulenevalt on autor välja pakkunud soovitusi veekadude vähendamiseks, milleks on torustike suurema mahulisem uuendamine, geoinfosüsteemi ning Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni veebilansi arvutusstruktuuri kasutamine ja tehisintellekti kasutusele võtmine.

Käesolevas töös kajastatud tulemusi ning soovitusi saab rakendada Pärnu linna veevarustussüsteemi veekadude vähendamise parandamiseks. Laiemas pildis võiksid ka teised vee-ettevõtted saada inspiratsiooni, et muuta aktuaalsemaks veekadude temaatika ning probleemiga tõhusamalt tegeleda.

SUMMARY

As a result of continuous population growth and economic development, there has been an increasing demand for clean water, which puts pressure on freshwater resources. Over the last century, the population has nearly tripled, leading to approximately a sixfold increase in freshwater consumption. Climate change also imposes restrictions on access to clean freshwater. As the climate warms, precipitation patterns change, evaporation increases, glaciers melt, and sea levels rise – all of these factors affect the availability of freshwater.

In addition to the aforementioned issues, a significant amount of water is lost in water supply systems. According to a World Bank study, approximately 45 billion cubic meters of water are lost annually due to leaks in water systems, accounting for 35% of all water supplied globally. Water losses in water supply systems occur for various reasons, such as leaks, hydrant usage, reservoir tanks, water meters, and illegal water connections. These losses are categorized into two types – real losses and apparent losses. Real losses include physical losses that occur due to leaks in the distribution system, while apparent losses mainly arise from errors in measuring water consumption. Water losses result in the wastage of water as a vital resource and cause impacts on the environment, consumers, and water companies. Therefore, it is crucial to balance water losses in the water supply system to ensure both environmental sustainability and the economic viability of the water company.

The main objective of this thesis is to analyze water losses in the water supply system using AS Pärnu Vesi as a case study. The sub-objectives of the thesis include mapping the water losses in the water supply system of the city of Pärnu, analyzing the ratio of water losses to total water intake from 2019 to 2023, identifying the main causes and locations of water losses, and proposing measures to reduce water losses.

During the preparation of this thesis, it became evident that reducing water losses is crucial as it directly impacts the efficiency and costs of the water company. From 2019 to 2023, water losses in the AS Pärnu Vesi water supply system accounted for 12.1-17.7 percent of the total water supplied. The main causes of water losses were technical aspects and maintenance related to water intakes and treatment plants, aged and damaged pipelines, inefficient water meters, and the use of fire hydrants. A significant portion of the water losses during the analyzed period resulted from pipeline leaks. Approximately 33% of the pipelines in the Pärnu city water supply system are made of cast iron, which has also experienced the most failures. Furthermore, considering the

average age of the pipelines mentioned in the study, which ranges between 45-50 years, it can be concluded that aging cast iron pipelines are a problem that requires investment to reduce physical water losses.

The research conducted revealed that AS Pärnu Vesi has not sufficiently invested in water loss reduction practices. Although the issue of water losses is relevant within the company, the implementation of practical measures has been inadequate. The company requires a more strategic approach and greater investments to reduce water losses. It is essential to develop rules for recording information about water losses and to consolidate all data, making it easier to analyze and create an action plan that includes appropriate measures for reducing water losses and improving the efficiency of the water supply system.

Due to the inadequate implementation of water loss reduction measures, the author has proposed several recommendations, including more extensive pipeline renewal, the use of geographic information systems (GIS) and the International Water Association's water balance calculation structure, and the adoption of artificial intelligence.

The results and recommendations presented in this thesis can be applied to improve the reduction of water losses in the Pärnu city water supply system. On a broader scale, other water companies could also take inspiration from this study to make the issue of water losses more relevant and address the problem more effectively.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] „Water Facts - Worldwide Water Supply | ARWEC| CCAO | Area Offices | California-Great Basin | Bureau of Reclamation“. Vaadatud: 3. aprill 2023. [Online]. Available at: <https://www.usbr.gov/mp/arwec/water-facts-ww-water-sup.html>
- [2] J. Liu *et al.*, „Water scarcity assessments in the past, present, and future“, *Earths Future*, kd 5, nr 6, lk 545–559, 2017, doi: 10.1002/2016EF000518.
- [3] L. M.S. Seelen, G. Flaim, E. Jennings, ja L. N. De Senerpont Domis, „Saving water for the future_ Public awareness of water usage and water quality | Elsevier Enhanced Reader“. Vaadatud: 3. aprill 2023. [Online]. Available at: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0301479719305043?token=2A1BB3AC73A6DFFFC272270EB7FF7F33329EBBCBE524968461FD964337ED3B5150631280133C7D59EDEE571AC29FE527&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230403093144&fbclid=IwAR31AL3iWYbfWbqOEi20JffsEfBtdrIRRI Gna506CmPD--8CoT4FGkHbGW4>
- [4] „Causes of climate change“. Vaadatud: 3. aprill 2023. [Online]. Available at: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_en
- [5] „Kliimamuutuste tagajärjed“. Vaadatud: 3. aprill 2023. [Online]. Available at: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_et
- [6] E. Ociepa, M. Mrowiec, ja I. Deska, „Analysis of Water Losses and Assessment of Initiatives Aimed at Their Reduction in Selected Water Supply Systems“, *Water*, kd 11, nr 5, Art. nr 5, mai 2019, doi: 10.3390/w11051037.
- [7] A. Muhammetoğlu, H. Muhammetoğlu, A. Adigüzel, Ö. İRİTaş, ja Y. Karaaslan, „Management of Water Losses in Water Supply and Distribution Networks in Turkey Türkiye’de İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Yönetimi“, kd 2, nr 1, 2018.
- [8] T. AL-Washali, S. Sharma, ja M. Kennedy, „Methods of Assessment of Water Losses in Water Supply Systems: a Review“, *Water Resour. Manag.*, kd 30, nr 14, lk 4985–5001, nov 2016, doi: 10.1007/s11269-016-1503-7.
- [9] „Understanding and managing losses in water distribution networks“, *WaterWorld*. Vaadatud: 13. november 2023. [Online]. Available at: <https://www.waterworld.com/drinking-water/infrastructure-funding/article/16200323/understanding-and-managing-losses-in-water-distribution-networks>
- [10] C. Ong, C. Tortajada, ja O. Arora, *Urban Water Demand Management: A Guidebook for ASEAN*. SpringerBriefs on Case Studies of Sustainable Development. Singapore: Springer Nature, 2023. doi: 10.1007/978-981-19-8677-2.
- [11] „Vesi | Kliimaministeerium“. Vaadatud: 21. mai 2024. [Online]. Available at: <https://kliimaministeerium.ee/vesi>
- [12] Z. Y. Wu *et al.*, *Water Loss Reduction*. Exton, Pennsylvania: Bentley Institute Press, 2011.
- [13] M. Farley, „Leakage management and control“.
- [14] M. Rimeika ja A. Jurkienė, „Water Loss in Small Settlements“, *Moksl. - Liet. Ateitis*, kd 6, lk 444–450, okt 2014, doi: 10.3846/mla.2014.62.
- [15] „Urban Water Pipe Networks Management Towards Non-Revenue Water Reduction: Two Case Studies from Greece and Turkey - Kanakoudis - 2014 - CLEAN – Soil, Air, Water - Wiley Online Library“. Vaadatud: 27. november 2023. [Online]. Available at: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/clen.201300138?fbclid=IwAR2XMFxiXBLBoyu-KnnEkIiNK3LgrbWYQfKoJW4GIMIAAg4Zw5k_xpG3Gwk
- [16] S. Renzetti ja D. Dupont, „Buried Treasure: The Economics of Leak Detection and Water Loss Prevention in Ontario“.
- [17] A. Ociepa-Kubicka ja K. Wilczak, „Water Loss Reduction as the Basis of Good Water Supply Companies’ Management“, *E3S Web Conf.*, kd 19, lk 02015, 2017, doi: 10.1051/e3sconf/20171902015.

- [18] M. D'Ercole, M. Righetti, R. M. Ugarelli, L. Berardi, ja P. Bertola, „An Integrated Modeling Approach to Optimize the Management of a Water Distribution System: Improving the Sustainability While Dealing with Water Loss, Energy Consumption and Environmental Impacts“, *Procedia Eng.*, kd 162, lk 433–440, jaan 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.085.
- [19] „Water scarcity conditions in Europe (Water exploitation index plus)“. Vaadatud: 24. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/use-of-freshwater-resources-in-europe-1>
- [20] „Water loss“, Interreg CENTRAL EUROPE. Vaadatud: 9. mai 2024. [Online]. Available at: <http://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/Digital-Learning-Resources/Water-loss.html>
- [21] R. Frauendorfer ja R. Liemberger, „The Issues and Challenges of Reducing Non-Revenue Water“.
- [22] EurEau, „Europe’s Water in Figures, An overview of the European drinking water and waste water sectors 2021“. [Online]. Available at: <https://www.eureau.org/resources/publications/eureau-publications/5824-europe-s-water-in-figures-2021/file>
- [23] M. Farley ja S. Trow, *Losses in Water Distribution Networks*. IWA Publishing, 2003.
- [24] „water losses manual.pdf“. Vaadatud: 10. aprill 2023. [Online]. Available at: <http://rakvesi.ee/public/files/water%20losses%20manual.pdf>
- [25] R. Liemberger ja M. Farley, „Developing a Non-Revenue Water Reduction Strategy Part 1: Investigating and Assessing Water Losses“.
- [26] A. O. Lambert, „International Report: Water losses management and techniques“, *Water Supply*, kd 2, nr 4, lk 1–20, sept 2002, doi: 10.2166/ws.2002.0115.
- [27] „001. Losses from water supply systems.pdf“. Vaadatud: 7. november 2023. [Online]. Available at: <https://waterfund.go.ke/watersource/Downloads/001.%20Losses%20from%20water%20supply%20systems.pdf>
- [28] B. Kowalska, P. Suchorab, ja D. Kowalski, „Division of district metered areas (DMAs) in a part of water supply network using WaterGEMS (Bentley) software: a case study“, *Appl. Water Sci.*, kd 12, nr 7, lk 166, mai 2022, doi: 10.1007/s13201-022-01688-2.
- [29] J. R. Stokes, A. Horvath, ja R. Sturm, „Water Loss Control Using Pressure Management: Life-cycle Energy and Air Emission Effects“, *Environ. Sci. Technol.*, kd 47, nr 19, lk 10771–10780, okt 2013, doi: 10.1021/es4006256.
- [30] Z. Ahmad Fuad, H. S. Eddy, Y. Badronnisa, ja I. Syazwani, „Water leak detection method in water distribution network“, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, kd 357, nr 1, lk 012033, nov 2019, doi: 10.1088/1755-1315/357/1/012033.
- [31] „Parnu linna UVKA 2022-2036_kava.pdf“. Vaadatud: 22. mai 2024. [Online]. Available at: https://www.riigiteataja.ee/aktiivisa/4291/2202/1004/Parnu%20linna%20UVKA%202022-2036_kava.pdf#

LISA 1

Pärnu linna ühisveevärk

1:10 000

